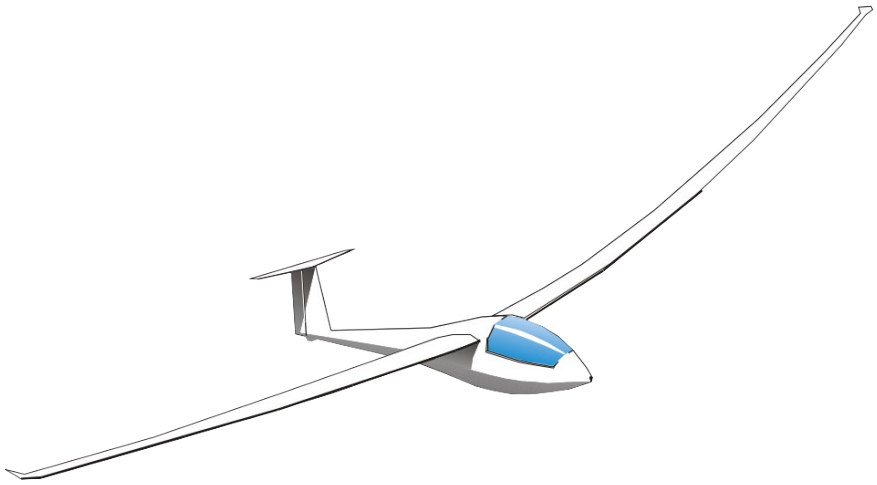
AEROCLUBUL ROMANIEI



MANUALUL

PILOTULUI PLANORIST

DUMITRU POPOVICI

EDITIA FEBRUARIE 2003

AUTOR: *Dumitru POPOVICI*

AU COLABORAT:
Cap. I CUNOAŞTEREA PLANORULUI
Cap. II METEOROLOGIE AERONAUTICĂ
Cap. III NAVIGAŢIE AERIANĂ — *Constantin POPESCU*
Cap. IV AERODINAMICA — *Mugurel Conta IONESCU*
Cap. V APARATE DE BORD
Cap. VI PERFORMANŢE ŞI LIMITE UMANE — *George STREJEA*, *Ion MIHĂILĂ*
Cap. VII TEHNICA PILOTAJULUI

TEHNOREDACTARE ŞI GRAFICĂ COMPUTERIZATĂ: Dorina Gheorghiu, *Dumitru POPOVICI*

CORECTURA: *Adina POPOVICI*

Copierea prezentului manual este interzisa fara acordul autorului.

CUVÂNTUL AUTORULUI

Acest manual este destinat celor ce doresc să devină piloţi planorişti, dar şi tuturor celor interesaţi să dobândească noţiuni elmentare despre acest sport.

Conceput în şapte capitole, manualul prezintă de la simplu la complex cunoştinţele teoretice necesare celor interesaţi să obţină brevetul de pilot planorist. În acest sens, ordinea şi structura capitolelor tratate respectă cu stricteţe tematica impusă de Metodica de pregătire teoretică a elevilor piloţi şi a piloţilor palnoeişti, metodică avizată de Autoritatea aeronautică.

Urmare a prezentului manual, autorul îşi propune să prezinte un chestionar de verificare a cunoştinţelor, ale cărui întrebări vor constitui probele de examinare teoretică pe tot parcursul pregătirii piloţilor planorişti.

De asemenea, având în atenţie pregătirea piloţilor planorişti avansaţi, autorul are în lucru un al doilea manual, în care îşi propune prezentarea şi analizarea teoriilor şi tacticilor zborului de performanţă şi înaltă performanţă, utile pilotului în concurs.

Pe această cale autorul mulţumeşte tuturor colegilor care l-au sprijinit efectiv în redactarea prezentei lucrări.

pil. instr. Dumitru Popovici

CUPRINS

CAPITOLUL I CUNOAŞTEREA PLANORULUI 11

1. Generalităţi 11
2. Părţile componente ale unui planor 11
3. Elementele caracteristice ale unui planor 12
4. Aripa 13
4.1. Caracteristicile geometrice ale aripii 14
5. Fuselajul 15
6. Ampenajele 16
7. Materiale folosite în construcţia planoarelor 17
8. Sisteme de lansare la zbor 19
9. Automosorul de tip AL 34 20
10. Planorul IS 28 B 2 20
11. Descrierea cabinei planorului IS 28 B 2 22
12. Planorul IS 29 D 2 23
13. Caracteristicile geometrice ale planoarelor IS 28 B 2 şi IS 29 D 2 25
14. Caracterisiticile în zbor ale planoarelor IS 28 B 2 şi IS 29 D 2 26
15. Marcarea vitezometrului la planoarele IS 28 B 2 şi IS 29 D 2 27
16. Planorul IS 32 A 27
17. Caracteristici geometrice ale planorului IS 32 A 28
18. Caracteristici în zbor ale planorului IS 32 A 29
19. Norme de întreţinere a planoarelor 30

CAPITOLUL II METEOROLOGIE 31

1. Generalităţi 31
2. Atmosfera 31
3. Înălţimea atmosferei 31
4. Zonele atmosferei 32
5. Factorii atmosferici 34
6. Temperatura aerului 34
6.1. Propagarea căldurii 34
6.2. Încălzirea atmosferei 35
6.3. Măsurarea temperaturii 35

6.4.	Variaţiile temperaturii aerului	36
6.5.	Gradientul termic	37
6.6.	Inversiune, izotermie	37
7.	Umezeala aerului	37
7.1.	Măsurarea umezelii	38
7.2.	Relaţii între temperatură şi umezeală	39
7.3.	Variaţia umezelii	40
8.	Presiunea atmosferică	40
8.1.	Variaţiile presiunii atmosferice	41
8.2.	Vântul	42
8.3.	Mărimile ce definesc vântul	42
8.4.	Izobarele	43
8.5.	Ciclonul	44
8.6.	Anticiclonul	44
8.7.	Diferenţa de direcţie şi de intensitate a vântului la sol şi în altitudine	45
8.8.	Tipuri de vânt	45
8.9.	Circulaţia generală a aerului	50
9.	Norii	50
9.1.	Clasificarea norilor	50
9.2.	Descrierea genurilor de nori	51
9.3.	Nebulozitatea şi plafonul	54
10.	Precipitaţiile atmosferice	54
11.	Stările de echilibru ale atmosferei	55
12.	Curenţi verticali	56
12.1.	Condiţiile de formare a ascendenţelor	58
12.2.	Norii de formaţie verticală	59
13.	Fronturile meteo	59
13.1.	Frontul cald	59
13.2.	Frontul rece	60
13.3.	Frontul oclus	61
14	Informarea meteorologică	62
14.1.	Mesajul metar	64

CAPITOLUL III NAVIGAŢIE AERIANĂ 65

1.	Generalitaţi	65
1.1.	Globul pământesc	65
2.	Notiuni geografice	66
2.1.	Coordonate geografice şi coordonate aeriene	67
2.2.	Baza masurării timpului	68
2.3.	Exprimarea longitudinii în unităţi de timp	69
2.4.	Fusele orare	70

3.	Linii de poziţie a aeronavei	70
3.1.	Loxodroma	70
3.2.	Ortodroma	71
4.	Proiecţii cartografice	71
4.1.	Elementele unei proiecţii	71
4.2.	Clasificarea proiecţiilor cartografice	72
4.3.	Proiecţia conică normală	73
4.4.	Proiecţia cilindrică centrală normală	74
4.5.	Proiecţia mercator	74
4.6.	Proiecţia cilindrică transversală gauss	75
4.7.	Proiecţia stereografică polară	75
5.	Harta	76
5.1.	Harţile aeronautice	77
6.	Magnetismul terestru	79
7.	Elemente de navigaţie aeriană	80
7.1.	Drumurile aeronavei	81
7.2.	Capurile aeronavei	82
7.3.	Relevmentul drumuri-capuri: relaţii de calcul	83
7.4.	Unghiul de derivă	84
7.5.	Relaţiile de calcul între drumuri şi capuri	85
7.6.	Acţiunea vântului asupra vitezei la sol	85
7.7.	Triunghiul de navigaţie al vitezelor	85
8.	Probleme de altimetrie	88
8.1.	Calajul altimetric	89
9.	Lucrul cu harta	90
10.	Calcule mintale	91

CAPITOLUL IV AERODINAMICA 92

1.	Generalitaţi	92
2.	Aerul si calitaţile sale	92
3.	Tunelul aerodinamic	94
4.	Ecuatia continuitaţii	95
5.	Legea lui Bernuolli	96
6.	Rezistenta la inaintare	99
7.	Forţa totală aerodinamică, portanţa, şi rezistenţa la înaintare	101
8.	Profilul de aripă	103
8.1.	Tipuri de profile	103
8.2.	Unghiul de incidenţă	104
9.	Aripa	105
9.1.	Clasificarea aripilor după forma în plan	105

9.2.	Caracteristicile geometrice ale aripii	105
9.3.	Unghiurile aripii	106
10.	Repartiţia presiunilor pe profil	107
10.1.	Forţe şi momente	108
10.2.	Centrul de presiune şi variaţia sa	109
11.	Rezistenţa indusă	110
11.1.	Procedee de reducere a rezisţentei induse	112
12.	Diagrama polară	113
12.1.	Polara planorului	115
12.2.	Variaţia coeficienţilor aerodinamici	117
13.	Repartiţia portanţei in profunzime şi anvergură	121
14.	Dispozitive de hipersustentaţie	121
15.	Frânele aerodinamice	123
16.	Forţele care acţioneaza asupra planorului în zbor planat	124
17.	Forţele care acţioneaza asupra planorului în viraj	126
18.	Forţele care acţioneaza asupra planorului în remorcaj de avion	129
19.	Forţele care acţioneaza asupra planorului în remorcaj de automosor	130
20.	Stabilitatea planorului	131
20.1.	Echilibrul corpurilor	131
20.2.	Stabilitatea planorului	133
21.	Maniabilitatea planorului	137
22.	Centrajul planorului	138
23.	Compensarea comenzilor	139
24.	Factorul de sarcina	140
25.	Momentul negativ	141
26.	Polara vitezelor	142
27.	Influenţa vântului şi a curenţilor verticali asupra vitezei de salt	144
28.	Efectul de sol	144
29.	Zborul la incidenţe mari	146
29.1.	Măsuri şi manevre pentru evitarea depăşirii incidenţei critice	148
30.	Stratul limită	148
30.1.	Desprinderea stratului limită	150
30.2.	Influenţa tipului aripii asupra desprinderii stratului limită	152

CAPITOLUL V INSTRUMENTE DE BORD 156

1.	Importanţa instrumentelor de bord	156
2.	Clasificarea instrumentelor de bord	156
3.	Capsule, tuburi, membrane	157
4.	Altimetrul	159
4.1.	Calajul altimetric	160
5.	Vitezometrul	161

6.
6.1. Variometrul cu capsulă 162

6.2. Variometrul cu paletă 163

6.3. Variometrul cu bile 164

6.4. Variometrul electric 165
6.5. Variometrul cu lichid 165
6.6. Variometrul de energie totală (vet) 166
6.7. Vet cu priză de depresiune (tub braunschweich) 168
7. Indicatorul de viraj şi glisadă 170
7.1. Indicatorul de viraj 170
7.2. Indicatorul de glisadă 171
8. Compasul de aviaţie 172
9. Barograful 174
10. Schema de legatură a instrumentelor de bord 176

CAPITOLUL VI PERFORMANŢA UMANĂ ŞI LIMITELE SALE 177

Introducere 177
1. Factorii umani 177
1.1. Factorii umani în aviaţie 177
1.2. Factorii fizici principali care acţionează asupra omului în timpul zborului 178
1.3. Competenţa şi limitări 180
1.4. Formarea pilotului competent 180
1.5. Statistici de accidente 181
1.6. Concepte de siguranţa a zborului 181
2. Fiziologia aeronautică de bază şi întreţinerea sănătăţii 181
2.1. Bazele fiziologiei zborului 181
2.2. Sistemul respirator şi circulator 182
3. Omul şi mediul: sistemul senzorial 184
4. Sănătate şi igienă 187
5. Psihologia aeronautică – noţiuni de bază 188
5.1. Prelucrarea umană a informaţiilor 188
6. Influenta factorilor fizici asupra organismului în timpul zborului 192
6.1. Boala de inalţime 193
6.2. Răul de zbor 194
6.3. Barotrauma urechilor 194

6.4.	Barotrauma cavităţii nazale secundare	196
6.5.	Nevralgia dentară	196
6.6.	Flatuozitatea de înălţime	196
6.7.	Influenţa negativă a radiaţiilor solare intense asupra organismului	197
6.8.	Influenţa radiaţiilor ionizante	197
6.9.	Influenţa temperaturii	197
6.10.	Influenţa umidităţii, a vântului şi a forţelor mecanice din timpul zborului	198
6.11.	Influenţa spargerii plafonului de nori	198
6.12.	Influenţa acceleraţiei maxime.	199
6.13.	Influenţa vibraţiilor	200
7.	Protecţia sănătăţii echipajului	200
7.1.	Controlul medical a aerodrom	201
7.2.	Controlul medical înainte de zbor	201
7.3.	Examenele medicale periodice	201
8.	Primul ajutor	201
8.1.	Algiile	202
8.2.	Senzaţia de sufocare	202
8.3.	Leşinul	203
8.4.	Contraindicaţiile zborului din punct de vedere medical	203

CAPITOLUL VII TEHNICA PILOTAJULUI 205

1.	Manevrarea planoarelor	205
2.	Controlul planorului	206
3.	Şcoala carlingii	207
4.	Balanasarea	207
5.	Aclimatizarea	208
6.	Efectul comenzilor	208
7.	Linia dreaptă	211
7.1.	Devierea şi revenirea pe reper	214
8.	Virajul	215
8.1.	Efectul acţionării separate şi coordonate a manşei şi palonierului in viraj	217
8.2.	Virajele de 90^0,180^0 si 360^0	219
8.3.	Virajul glisat şi virajul derapat	219
9.	Decolarea şi luarea înalţimii in remorcaj de automosor	220
9.1.	Decolarea cu vânt lateral	222
10.	Cazuri speciale în remorcaj de automosor	223
11.	Decolarea şi remorcajul de avion	224
12.	Cazuri speciale in remorcajul de avion	230
13.	Apropierea finală şi aterizarea	230

13.1.
13.2. Aterizarea 233

13.3. Aterizarea cu vânt lateral 235

14. Turul de pistă 235

a) turul de pista alcătuit din 4 viraje de 90^0
b) turul de pista alcătuit din 2 viraje de 180^0
c) turul de pista alcătuit din 2 viraje de 90^0 si unul de 180^0
d) turul de pistă alcătuit dintr-un viraj de 180^0 si 2 viraje de 90^0

14.1. Influenţa vântului la executarea turului de pista 240
14.2. Executarea virajelor de 360^o în turul de pista 242
14.3. Executarea turului de pistă cu *s* alungit 242
15. Lucrul în zona 243
16. Tur de pista din remorcaj de avion 243
17. Executarea zborului în simpla comandă 243
18. Particularităţi privind tehnica pilotajului la planorul IS 28 B 2 244
19. Particularităţi privind tehnica pilotajului la planorul IS 29 D 2 247
20. Particularităţi privind tehnica pilotajului la planorul IS 32 A 250

CAPITOLUL I
CUNOAŞTEREA PLANORULUI

1. Generalităţi

Înainte de a studia fenomenele care iau nastere în timpul zborului, trebuiesc studiate parţile componente ale unui planor, precum şi modul cum se manevrează acesta.

Planorul este aparatul de zbor mai greu decât aerul, neechipat cu un grup motopropulsor şi care prin lansare la o anumită înălţime va zbura cu o continuă pantă de coborâre.

Tracţiunea necesară este asigurată de o componentă a greutăţii proprii.

2. Părţile componente ale unui planor

Părţile componente ale unui planor sunt următoarele:

a. aripa planorului;
b. fuselajul planorului;
c. ampenajele planorului;

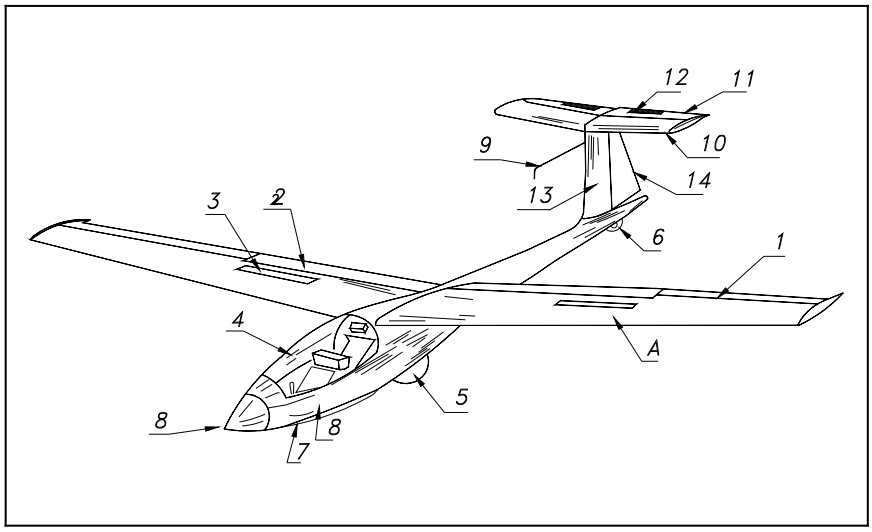


Fig. 2.1. Părţile componente ale unui planor

a. *Aripa* planorului este partea principală a acestuia şi are rolul de a crea forţa portantă necesară executării zborului.

Pe aripă sunt montate:
- *eleroanele* (1) care sunt suprafeţe de comandă şi au rolul de a menţine planorul la orizontală sau ajută la executarea virajelor. Sunt acţionate de manşă la comanda laterală;
- *flapsul* (2) se constituie într-un dispozitiv de hipersustentaţie şi are rolul de a mări forţa portantă în situaţii speciale de zbor (la decolare şi aterizare);
- *frâna aerodinamică* (3) este o suprafaţă care se scoate din planul aripii şi are rolul de distrugător de portanţă, lucru necesar a fi executat în vederea aterizării pe terenuri scurte.

b. *Fuselajul* planorului este partea principală a planorului cu rolul de a fixa rigid aripile şi ampenajele.

În fuselaj se găseşte amplasată *carlinga* (4) care constituie postul de pilotaj. Tot în fuselaj se găseşte amplasat şi *trenul de aterizare*, format din următoarele părţi:
- roata (5);
- bechia (6);
- patina (la unele planoare) (7).

Trenul de aterizare este dispozitivul care serveşte la deplasarea planorului pe sol.
Trenul de aterizare poate fi format din:
- roată şi bechie;
- patină şi bechie;
- roată, patină şi bechie.

Roata este elementul principal al trenului de aterizare, montată în zona centrului de greutate şi care are rolul de a susţine întreaga greutate a planorului.

Bechia poate fi fixă sau poate fi o roată mai mică decât roata principală şi este montată la partea din spate a planorului constituind al doilea punct de sprijin al acestuia pe sol.

Patina este un dispozitiv de ranforsare (întărire) a fuselajului în zona posturilor de pilotaj şi are rolul de a proteja planorul (pilotul) în cazul unor eventuale contacte mai dure cu solul.

Tot pe fuselaj se găseşte amplasat şi tubul *Pittot* sau prizele de presiune (statică şi totală). La unele planoare se mai găseşte şi tubul *Braunschweich.*

c. *Ampenajele* sunt formate din:
- *ampenajul orizontal,* alcătuit din *stabilizator* (partea fixă) şi *profundor* (partea mobilă), care servesc la menţinerea pantei de zbor a planorului.

Profundorul este acţionat tot de mansă, prin mişcarea acesteia înainte sau înapoi.

Pe profundor se găseşte, la unele tipuri de planoare, suprafaţa de compensare a eforturilor, numită compensator sau trimer.
- *ampenajul vertical* este alcătuit dintr-o parte fixă numită *derivă* şi o parte mobilă numită *direcţie.* Direcţia este o suprafaţă de comandă care este acţionată de *paloniere*. Astfel dacă se dă palonier stânga şi direcţia se va roti spre stânga, fapt care va duce la rotirea botului planorului spre stânga.

3. Elementele caracteristice ale unui planor

Elementele caracteristice ale unui planor sunt :

- *anvergura* reprezentând lungimea aripii (distanţa dintre cele 2 extremităţi ale aripilor);
- *suprafaţa portantă* reprezentând suprafaţa obţinută prin proiecţia aripii pe o suprafaţa plană;
- *înălţimea planorului* (care se măsoară pe sol) şi reprezintă distanţa dintre sol şi cel mai înalt punct al planorului;
- *înălţimea fuselajului* (care se masoară pe sol) şi reprezintă distanţa dintre sol şi cel mai înalt punct al fuselajului;
- *grosimea* (lăţimea fuselajului) reprezintă cea mai mare distanţă (masurată pe orizontală) a fuselajului;
- *greutatea planorului* care conţine şi greutatea pilotului şi a echipamentului necesar zborului (paraşuta, bagaje,etc.).

4. Aripa

Aripa este elementul care produce forţa necesară susţinerii planorului în zbor şi preia toate eforturile care apar asupra planorului în timpul evoluţiilor. Din acest motiv, constructorii acordă o deosebită atenţie construcţiei aripilor, în vederea obţinerii planoarelor de performanţă.

Din punct de vedere al modului de montare al aripilor pe fuselaj vom avea planoare cu aripa: *sus, mediană sau jos* (vezi fig. 4.2.).

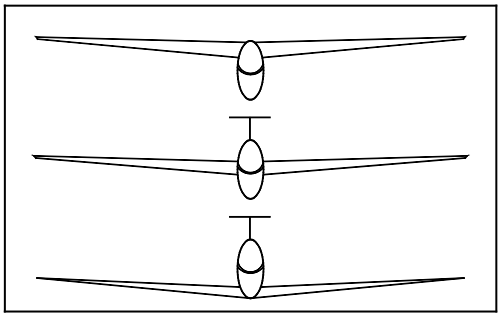


Fig. 4.2. Montarea aripii

După forma în plan, aripile pot fi:

a. dreptunghiulare;
b. dreptunghiulare cu colţuri rotunjite;
c. trapezoidale;
d. trapezoidale cu colţuri rotunjite;
e. eliptice;
f. în sageată;

g. dublu trapezoidale (vezi Fig. 4.3.)

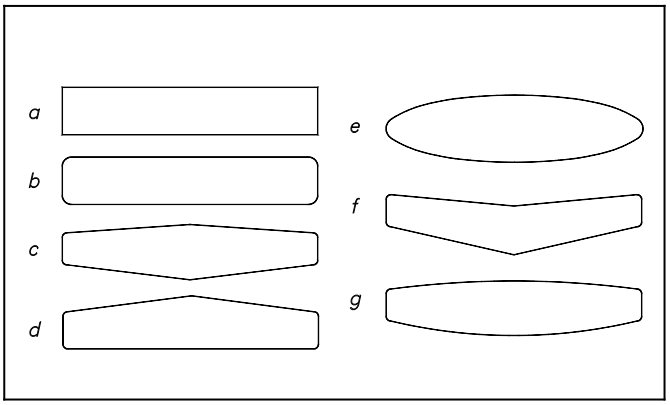


Fig. 4.3. Forma în plan a aripii

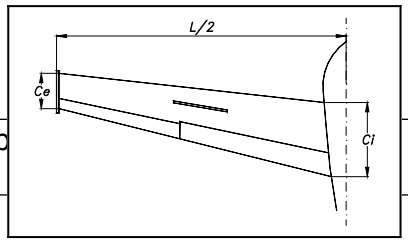
4.1. Caracteristicile geometrice ale aripii

- *anvergura aripii* (A) reprezintă lungimea ei de la un capăt la altul;
- *profunzimea aripii* (L) reprezintă lăţimea aripii (vom avea profunzimea aripii la capăt (C_c), profunzimea aripii în axul fuselajului (C_i) şi profunzimea medie care reprezintă media aritmetică a celorlalte două);
- *suprafaţa portantă a aripii* reprezintă suprafaţa proiecţiei plane, orizontale a acesteia;
- *alungirea aripii* reprezintă raportul dintre anvergura aripii şi profunzimea medie (***C**oarda **M**edie **A**erodinamică-CMA*) (vezi fig. 4.4.).

- *alungirea aripii* reprezintă raportul dintre anvergura aripii şi profunzimea medie (***C**oarda **M**edie **A**erodinamică-CMA*) (vezi fig. 4.4.).

Urmărind o secţiune prin aripă vom putea defini următoarele elemente:

- *bordul de atac* este partea din faţă a aripii care în timpul zborului loveşte fileurile de aer;
- *bordul de fugă sau scurgere* este partea din spate a aripii;
- *extradosul* este partea de deasupra aripii;
- *intradosul* este partea de dedesubt a aripii (vezi fig. 4.5.).



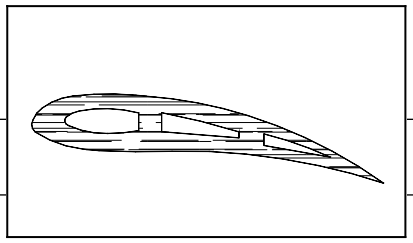


Fig. 4.4. Caracteristicile geometrice ale aripii

Fig. 4.5. Caracteristicile constructive ale aripii

Indiferent de materialele din care este construită o aripă, ea se va compune din următoarele părţi principale:
- *lonjeroane* (unul principal şi eventual unul fals sau 2 principale, care constituie grinda de rezistenţă a aripii şi a întregului planor;
- *nervuri*, piese care se fixează pe lojeron şi dau forma aripii în spaţiu;
- *învelişul* aripii care poate fi din placaj în zona bordului de atac şi împânzit în restul suprafeţei. La planoarele din lemn învelişul mai poate fi executat din tablă de aluminiu, răşini sintetice cu fibră de sticlă sau fibră de carbon.

Pe aripă se găsesc montate eleroanele, voleţii şi frânele aerodinamice

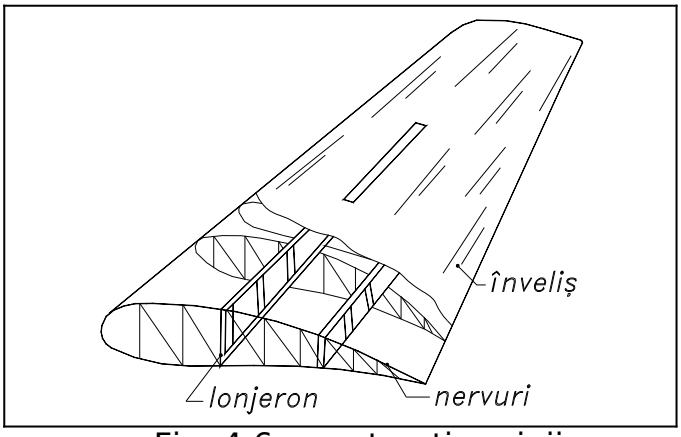


Fig. 4.6. constructia aripii

5. Fuselajul

Este partea centrală a planorului cu rol de a face legătura între aripi şi ampenaje (vezi fig. 5.7.). În fuselaj se găseşte carlinga cu postul (posturile) de pilotaj, trenul de aterizare, etc.

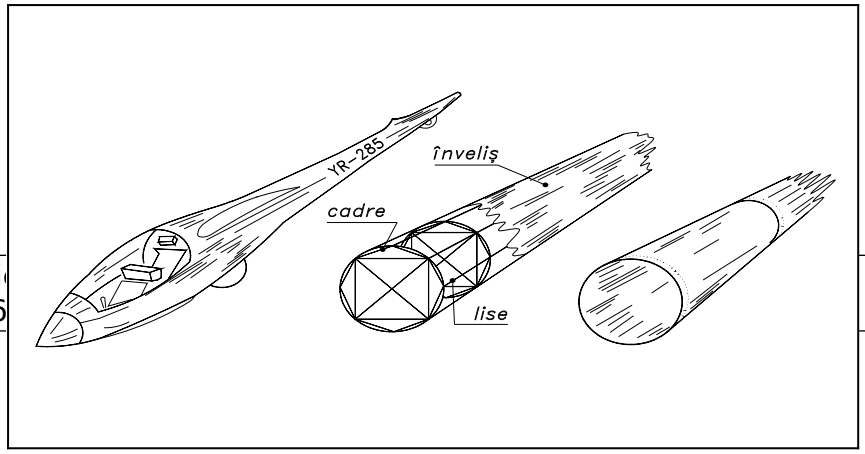


Fig. 5.7. Fuselajul

În funcţie de tipul planorului vom avea posturi de pilotaj de simplă comandă (pentru un singur pilot) sau de dublă comandă (pentru 2 piloţi).

În cazul planoarelor de dublă comandă aceste 2 posturi pot fi aşezate în *tandem* (unul în spatele celuilalt) sau *cot-a-cot* (în situaţia când posturile de pilotaj sunt asezate unul lângă altul).

La planoarele moderne trenul de aterizare este format dintr-o roată plasată sub postul de pilotaj, prevăzut cu frână pe tambur şi poate fi fix, escamotabil sau semiescamotabil şi o roată mai mică şi fixă în partea din spate a fuselajului.

Tot pe fuselaj sunt montate şi dispozitivele de declanşare de la avion sau automosor, dispozitive numite *declanşatoare.*

În interiorul carlingii, în afara postului de pilotaj se mai găseşte şi *planşa de bord* cu instrumentele de bord, pârghiile de comandă (*manşa şi palonierele*), cu ajutorul cărora se dau comenzile necesare acţionării suprafeţelor de comandă (eleron, flaps, direcţie, frâna aerodinamică, suprafeţe compensatoare).

6. Ampenajele

Ampenajele sunt părţile planorului care au rolul de a menţine planorul în zbor stabil ca pantă şi ca direcţie.

Ampenajele (vezi fig. 6.8.) sunt formate din:

a. ampenajul orizontal
b. ampenajul vertical.

a. *Ampenajul orizontal* este construit şi are caracterisitici asemănătoare cu cele ale aripii.

Acesta se caracterizează prin faptul că are o parte fixă numită *stabilizator* şi o alta mobilă, numită *profundor.*

Cu ajutorul profundorului se pot menţine parametrii de zbor (panta şi viteza).

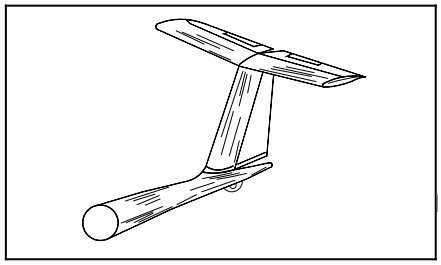
La unele planoare stabilizatorul şi profundorul fac corp comun fiind de fapt o singură parte care este denumită *profundor pendular*. Pe profundor se mai găseşte montată şi o suprafaţă numită *compensator*, fiind necesară pentru compensarea efortului pe manşă în profunzime.

Profundorul este acţionat de comanda manşei spre înainte sau spre înapoi (spre pilot).

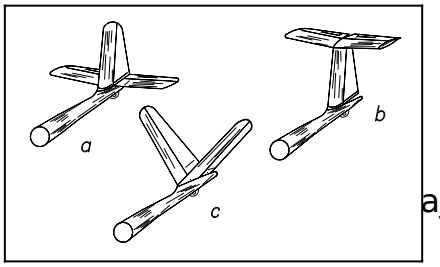
b. *Ampenajul vertical* este format din 2 părti: una fixă numită *derivă* şi una mobilă numită *direcţie*, care este acţionată la comanda palonierelor.

În funcţie de cum sunt montate ampenajele orizontale faţă de cele verticale vom întâlni următoarele situaţii (vezi fig. 6.9.):

- ampenaje clasice;
- ampenaje în "T";
- ampenaje în "V".



lui



aje

7. Materiale folosite în construcţia planoarelor

Înainte de a prezenta materialele folosite în construcţia planoarelor trebuie să vedem la ce eforturi sunt supuse piesele care intră în componenţa unui planor.

Solicitările la care sunt supuse piesele sunt:

- *tracţiunea sau întinderea* (declanşatoarele, cablurile comenzilor, învelişul aripilor, etc);
- *compresiunea* (trenul de aterizare);
- *încovoierea* (lonjeroanele aripilor);
- *forfecarea* apare în zbor în timpul trecerii printr-o suprafaţă de separaţie dintre un curent ascendent şi a unuia descendent. Acest fenomen se petrece în mod special la zborul în norii de formaţie verticală;
- *torsiunea*; aripile în timpul zborului sunt supuse la eforturi de tensiune în jurul lonjeronului.

Pentru a putea îndeplini toate condiţiile cerute, în construcţiile aeronautice se folosesc mai multe categorii de materiale. Acestea pot fi împărţite în:

- materiale principale ce intră în construcţia pieselor de rezistenţă şi a pieselor ce dau forma aerodinamică a aeronavei.
- materiale secundare ce intră în construcţia pieselor auxiliare ale unei aeronave.

Dintre materialele folosite în construcţia aeronautică putem enumera:

a*. lemnul* folosit în construcţiile aeronautice datorită faptului că are greutate relativ mică, este ieftin, se prelucrează uşor, etc. Lemnul întrebuinţat, trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- rezistenţa la tracţiune să fie de cel puţin 800 Kgf/cm^2;
- umiditatea să nu depăşească 15% din greutatea sa;
- rezistenţa la compresiune să fie de cel puţin 400 Kgf/cm^2;
- rezistenţa la încovoiere să fie de cel puţin 600 Kgf/cm^2.

În construcţiile aeronautice lemnul se foloseşte astfel:

pentru lonjeroane: frasin, molid, brad, pin;

pentru piese curbe: frasin, salcâm, ulm, stejar;

pentru elice: acaju, nuc, cireş, mesteacăn, fag.

b. *placajul* folosit în aviaţie este făcut din foi neperechi (3, 5, 7, 9, etc.) cu următoarele dimensiuni (grosimi):0,8; 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2; 2,3; 2,5; 3; 3,5; 4; 5 mm.

Placajul folosit trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:
- rezistenţa la tracţiune în lungimea fibrei = 700 kgf/cm^2
- rezistenţa la tracţiune perpendicular pe fibră = 450 kgf/cm^2
- rezistenţa la forfecare în lungimea fibrei = 100 kgf/cm^2
- rezistenţa la forfecare perpendicular pe fibră = 750 kgf/cm^2
- rezistenţa la forfecare la 45^o = 150 kgf/cm^2

Placajul se foloseşte pentru îmbrăcarea aripilor, fuselajului, ampenajelor, în vederea obţinerii formelor arodinamice.

c. *cleiurile* sunt întrebuinţate pentru asamblarea diferitelor piese din lemn, palcaj, pânză. Ele trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:
- să fie uşor de manipulat;
- să fie uşor de preparat;
- să nu-şi schimbe caracteristicile în timp;
- să fie aderente;
- să fie rezistente la smulgere.

Cleiurile utilizate sunt: clei de gelatină, caseina, cleiurile pe bază de răşini sintetice (care sunt mai bune decât celelate cleiuri).

d. *oţelurile* folosite în construcţiile aeronautice sunt oţeluri speciale care prezintă caracteristici superioare. Oţelurile folosite pentru construcţia pieselor de tracţiune, de prindere, bolţuri, tendoare, cabluri de comandă, scripeţi, pârghii, etc. trebuie să prezinte o rezistenţă la tracţiune de 80-100 Kgf/mm^2.

e. *duraluminiul* se foloseşte foarte mult datorită faptului că este uşor (are aceeaşi greutate cu a aluminului) şi are o rezistenţă mecanică ridicată. Acesta se foloseşte la construcţiile de lonjeroane, nervuri şi a întregului înveliş la planoarele metalice.

f. *pânza* folosită în aviaţie este din bumbac mercerizat şi neapretat cu o desime de 28-35 de fire pe cm^2 atât în bătaie cât şi în urzeală şi o greutate de cel mult 200 g/m^2.

Rezistenţa la tracţiune a pânzei înmuiată în apă trebuie să fie de cel puţin 3000 Kg/m^2.

g. *materialele plastice* se folosesc pentru confeţionarea carcaselor aparatelor de bord, tablouri de bord iar în ultimul timp pentru corectarea şi chiar confecţionarea profilelor aerodinamice.

h. *plexiglasul* se foloseşte pentru confecţionarea carlingilor datorită faptului că este transparent şi prin încălzire se modelează uşor.

i. *cauciucul* se foloseşte la trenul de aterizare pentru amortizarea contactului cu solul. Acesta se utilizează sub formă de camere şi anvelope, cilindri găuriţi, discuri amortizoare, etc.

Cauciucul se mai foloseşte la garnituri de etanşare, ca amortizoare la fixarea tablourilor de bord, deoarece vibraţiile şi şocurile dereglează aparatele cu care sunt echipate aeronavele.

j. *fibra de sticlă* şi *fibra de carbon* se folosesc în ultimul timp în construcţiile aeronautice de performanţă datorită faptului că permit obţinerea suprafeţelor aerodinamice foarte bine finisate, şi au caracteristici mecanice superioare.

k. protecţia aeronavelor împotriva coroziunii şi a umidităţii se realizează cu ajutorul *lacurilor şi a vopselelor*, iar suprafeţele metalice se protejează prin acoperire electrochimică, *cromare, zincare, cadmiere eloxare*, etc.

Datorită dezvoltării tehnologiei, planoarele moderne au caracteristica de fineţe maximă de peste 60, fapt care le permite realizarea unor performante ridicate (zboruri de distanţă de peste 1.700 Km cu viteze medii de peste 150-200 km/h).

8. Sisteme de lansare la zbor

Deoarece planorul este un aparat de zbor care nu este dotat cu un grup motopropulsor, trebuie să fie ridicat până la o anumită înălţime care să îi permită în continuare un zbor independent.

Mijloacele cu ajutorul cărora se realizează acest lucru se numesc *sisteme de lansare* şi pot fi:

- sandoul;
- automosorul;
- avionul.

Lansarea cu sandoul se realizează prin propulsarea în aer a planorului cu ajutorul unei praştii de dimensiuni mari numită *sandou*.

Planorul este urcat pe deal şi acolo 2 echipe întind sandoul la vale în timp ce aeronava este ancorată. Prin eliberarea planorului, forţa elastică din sandou îi imprimă acestuia viteza necesară zborului înălţimea fiind asigurată de diferenţa de cotă a pantei pe care a fost urcat. Acestă metodă de lansare nu se mai foloseşte deoarece greutatea planoarelor şi viteza de desprindere au crescut mult.

Remorcajul de automosor este metoda prin care planorul este ridicat până la o anumită înălţime cu ajutorul unui dispozitiv special numit automosor (vezi fig. 8.10).

Automosorul este o maşină dotată cu unul sau 2 tamburi, antrenaţi în mişcare de rotaţie de un motor, şi pe care se înfăşoară un cablu. Planorul este tras de acest cablu cu o viteză anume. Pilotul planorist va pune planorul pe o pantă de urcare (va trage de mansă), până la o anumită înălţime (cca.200--300 m), după care va declanşa şi va executa tema de zbor.

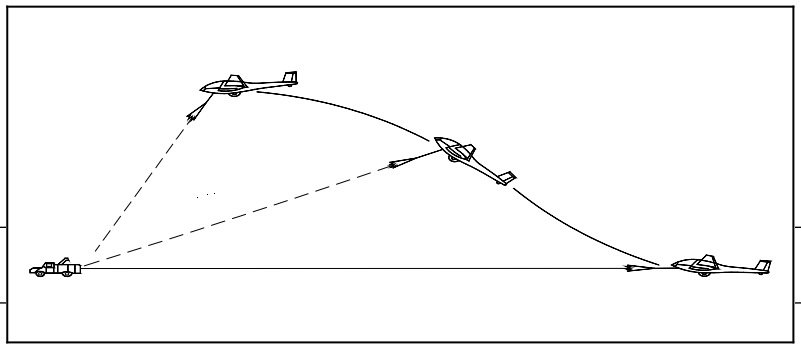


Fig. 8.10. Remorcajul de automosor

Remorcajul de avion este metoda prin care un planor este adus la înăltimea necesară cu ajutorul unui avion. Planorul este legat de avion prin intermediul unei funii lungi de 25-30 m şi când avionul ajunge la înălţimea dorită, pilotul planorist declanşează cablul şi execută zborul liber în continuare.

În România se folosesc, în prezent, pentru remorcaj, avioanele de tip PZL-104 Wilga-35A de construcţie poloneză, sau automosoarele de tip AL-34 de construcţie românească. În unele aerocluburi se folosesc automosoare de tip "Tost" de construcţie germană.

Fig. 8.11. Remorcajul de avion

9. Automosorul AL 34

În continuare vom prezenta pe scurt automosorul de tip AL 34:

Corpul automosorului propriu-zis este montat pe un şasiu de camion tip "Bucegi" fapt care îi permite să se deplaseze de la un loc la altul cu mijloace proprii. Automosorul are pentru acţionare un motor de 258 CP, ce antrenează pe rând unul dintre cei 2 tamburi cu care este echipat. Combustibilul folosit este motorina.

Pe tamburi se înfaşoară cabul de remorcaj de 4,5 mm diametru; acesta este de tip multifilar si are o lungime de aproximativ 900-1500 m., lungime ce variază în funcţie de lungimea terenului de decolare.

Fiecare tambur este echipat cu o foarfecă pentru tăiat cablul (la comanda pilotului mosorist) şi cu un distribuitor care are rolul de a aşeza cablul pe tambur spiră lângă spiră.

10. Planorul IS 28 B_2

Este un planor de şc*oală şi antrenament* de dublă comandă de construcţie românească. Este complet metalic (din duraluminiu) şi are ca destinaţie zborurile de şcoală, antrenament şi acrobaţie.

Postul principal de pilotaj se află în faţă (postul elevului).

Ampenajele sunt în "T".

Este prevăzut cu *volet de curbură* şi frâne aerodinamice de tip Hutter, amplasate pe extrados. Trenul de aterizare este *semiescamotabil*, echipat cu amortizor oleopneumatic. Roata principală este prevăzută cu frână mecanică acţionată în continuarea frânei aerodinamice.

La planoarele cu număr de serie pînă la 54, comanda frânei pe roată se găseşte amplasată fie pe manşă, fie pe podea, în partea stângă a postului de pilotaj.

Voletul de curbură are 5 poziţii: -1 = -5°
0 = 0°
1 = 5°
2 = 10°
3 = 15°

Planorul poate executa următoarele evoluţii acrobatice:

- vrie;
- looping;
- ranversare;
- răsturnare.

Pentru zborurile acrobatice planorul va fi echipat cu *accelerometru*.

Factorii de sarcină ai planorului IS 28 B_2 sunt:

- la greutatea de 590 Kgf = + 5.3 şi - 2.65 (varianta Utilitar)
- la greutatea de 520 Kgf = + 6.5 şi - 4 (varianta Acrobat)

Greutăţi maxime admise la decolare:

- în dublă comandă = 590 Kgf
- în simplă comandă = 520 Kgf.

Greutatea maxim admisă în spaţiul de bagaje (fără a depăşi greutatea maxim admisă) = 20 Kgf.

Greutatea planorului gol = 375 Kgf

Centrajul este realizat în limitele: 22% CMA (faţă) şi 47% CMA (spate).

În situaţia în care pilotul este prea uşor se vor monta greutăţi de plumb pe podeaua postului de pilotaj faţă, după cum urmează:

La planoarele până la seria 45, pentru piloţii uşori, (greutate între 55-61 Kgf), se va pune lest o greutate de 6 Kgf.

Pentru planoarele cu seria de fabricaţie peste 45 centrajul se asigură după cum urmează:

65-70 Kgf în postul principal 4 Kgf lest
60-65 Kgf în postul principal 8 Kgf lest
55-60 Kgf în postul principal 11.3 Kgf lest

Planorul este echipat cu următoarele instrumente de bord:

- variometru ± 5 m/s;
- variometru ± 30 m/s;
- altimetru;
- vitezometru;
- busola;
- indicator de viraj şi glisadă.

Ultimele planoare din serie au din construcţie montată priza specială pentru presiune (priza pentru tubul Braunschweich).

Planorul IS 28 B_2 se admite la zbor cu următoarele defecte:
- trenul de aterizare nu se poate escamota, dar este siguranţat pe poziţia scos;
- mici deformaţii pe înveliş datorate unor lovituri;
- fisuri ale cupolei de plexiglas (dar nu mai mari de 100 mm);
- lipsa geamurilor;
- nituri mişcate pe învelişul aripii (dar nu mai mult de 10% din îmbinare şi nu mai mult de 3 nituri alăturate);
- spărturi ale învelişului suprafeţelor de comandă mai mici de 50 mm.

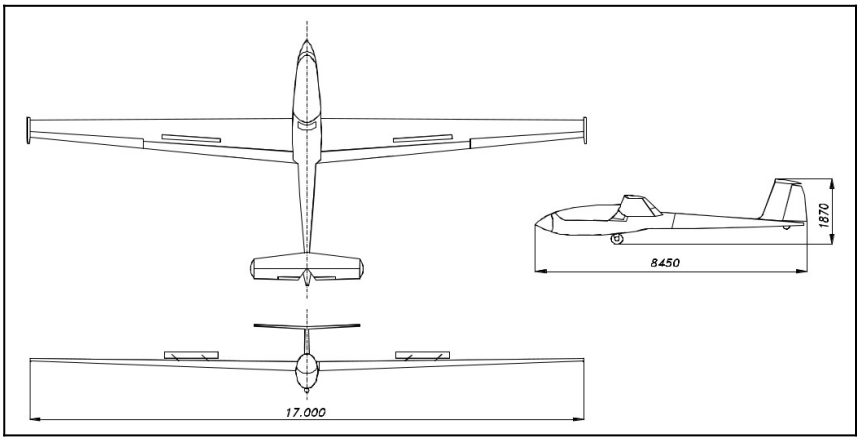


Fig. 10.12. Planorul IS 28 B_2

Caracteristicile geometrice şi parametri de zbor sunt prezentaţi împreună cu cele ale planorului IS 29 D_2.

Particularităţile privind tehnica pilotajului sunt prelucrate în cap.7 "Tehnica pilotajului".

11. Descrierea cabinei planorului IS 28 B_2

Ambele posturi de pilotaj (asezate în tandem) sunt acoperite de o cupolă de plexiglas care se deschide în jurul unor *şarniere,* spre dreapta.

În partea stângă a cadrului metalic, în dreptul fiecărui pilot se găseşte *maneta de închidere-deschidere a cabinei*, iar pe partea dreaptă, în mod simetric se găseşte *maneta de largare a cupolei* (mâner de culoare roşie).

Comanda voletului (mâner de culoare neagră) şi a frânei aerodinamice (mâner albastru) sunt amplasate pe peretele din stânga posturilor de pilotaj.

Pe podea, în partea stângă, în ambele posuri, se află *maneta de comandă a frânei pe roată* (la planoarele până la seria 45).

Pe partea stângă a cabinei în faţa *comenzii frânei aerodinamice* se găseşte *maneta de comandă a compensatorului* (culoare verde).

Pe partea dreaptă a cabinei, în ambele posturi de pilotaj se găseşte *comanda de escamotare a trenului de aterizare* (poziţia înainte = tren escamotat).

2

Coman mplasată pe postul din faţă în partea stângă a tabloului de bord, iar pentru postul de pilotaj spate, aceasta se găseşte pe partea stângă a tabloului de bord.

În faţa manşei, pe podea, în postul de pilotaj faţă, se găsesc *casetele pentru fixarea lestului suplimentar de corectare a centrajului* şi deasupra acestora, la centru, *rozeta de reglare a poziţiei palonierului.*

Descrierea plansei de bord a planorului se găseste în cap. 5. "Instrumente de bord".

12. Planorul IS 29 D_2

Este un planor pentru *antrenament şi performanţă*, monoloc (de simplă comandă), de construcţie românească. Este complet metalic (din duraluminiu).

Ampenajele sunt în "T".

Este prevăzut cu *volet de curbură* şi frâne aerodinamice de tip Hutter, amplasate pe extrados. Trenul de aterizare este escamotabil, echipat cu amortizor de cauciuc. Roata principală este prevazută cu frână mecanică acţionată în continuarea frânei aerodinamice.

La ultimele serii de planoare, comanda frânei pe roată se găseşte amplasată pe manşă.

Voletul de curbură are 5 poziţii: -1 = -5°
0 = 0°
1 = 5°
2 = 10°
3 = 15°

Planorul poate executa următoarele evoluţii acrobatice:

- vrie;
- looping;
- ranversare;
- immelman.

Factorii de sarcină ai planorului IS 29 D_2 sunt:
-la greutatea de 360 Kgf + 5.3 şi - 2.65

Greutatea maxim admisă în spaţiul de bagaje
(fără a depăşi greutatea maxim admisă) 20 Kgf.

Greutatea planorului gol 244 Kgf.

Centrajul este realizat în limitele: 18.75% CMA (faţă) şi 43% CMA (spate).

Planorul este echipat cu următoarele instrumente de bord:
- variometru $\pm$ 5 m/s;
- variometru $\pm$ 30 m/s;
- altimetru;
- vitezometru;
- busola;
- indicator de viraj şi glisadă.

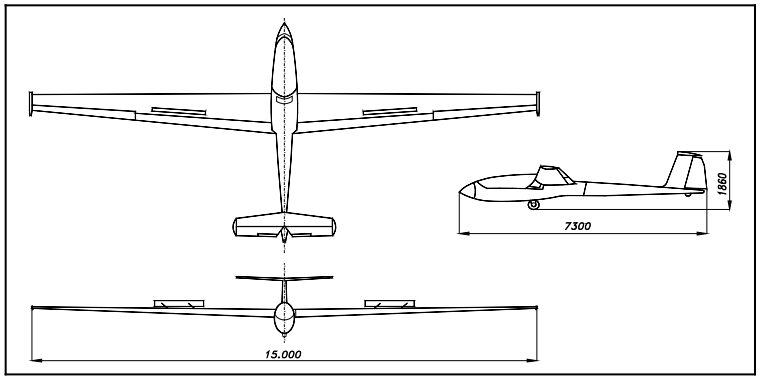


Fig. 12.14. Planorul IS 29 D_2

Ultimele planoare din serie au din construcţie montată priza specială pentru presiune (priza pentru tubul Braunschweich).

Particularităţile privind tehnica pilotajului sunt prelucrate în cap.7 "Tehnica pilotajului".

13. Caracteristicile geometrice ale planoarelor IS 28 B_2 şi IS 29 D_2

DIMENSIUNI	IS 28 B_2	IS 29 D_2
Anvergura	17 m	15 m
Lungime maximă	8.45 m	7.3 m
Înălţime maximă	1.87 m	1.68 m
Suprafaţa aripii	18.24 m^2	11.68 m^2
Diedrul aripii	2°.30'	2°
Suprafaţa eleronului 2 x	1.28 m^2	1.04 m^2
Suprafaţa voletului		1.36 m^2
Suprafaţa stabilizatorului	1.37 m^2	0.79 m^2
Suprafaţa derivei	0.68 m^2	0.628 m^2
Suprafaţa profundorului	1.36 m^2	0.59 m^2
Suprafaţa direcţiei	0.81 m^2	0.556 m^2
Bracajul profundorului în sus	30°	25°
Bracajul profundorului în jos	26°	20°
Bracajul direcţiei la stânga	30°	41°
Bracajul direcţiei la dreapta	30°	41°
Bracajul eleroanelor în sus	28°	28°
Bracajul eleroanelor în jos	10°	15°
Bracajul flapsului în sus	5°	5°
Bracajul flapsului în jos	15°	15°

14. Caracteristicile în zbor ale planoarelor IS 28 B_2 şi IS 29 D_2

DIMENSIUNI	IS 28 B_2	IS 29 D_2
Fineţea maximă a planorului	34	37
Viteza de zbor în S.C.	94 Km/h	93 Km/h
Viteza de zbor în D.C.	100 Km/h	-
Viteza de cădere pentru fineţe maximă: - în simplă comandă - în dublă comandă	 0.82 m/s 0.86 m/s	 0.7 m/s -
Viteza minimă de cădere fiind de: se obţine la viteza de zbor de:	0.6 m/s 80 Km/h	0.6 m/s 78 Km/h
Viteza minimă de cădere în D.C. este obţinută la viteza	0.86 m/s 85 Km/h	-
Viteza maxim admisă (V_{NE})	230 Km/h	225 Km/h
Viteza maxim admisă la rafală a vântului de 15 m/s	165 Km/h	172 Km/h
Viteza maxim admisă în remorcaj de avion	140 Km/h	140 Km/h
Viteza maxim admisă în remorcaj de automosor	125 Km/h	125 Km/h
Viteza maxim admisă de scoatere a trenului şi cu trenul de aterizare scos	230 Km/h	225 Km/h
Viteza maxim admisă de scoatere şi cu frâna aerodinamică scoasă *	230 Km/h	225 Km/h
Viteza de manevră (V_A)	165 Km/h	172 Km/h
Viteza maxim admisă cu voletul bracat în poziţia: -1 1 şi 2 3	 230 Km/h 180 Km/h 130 Km/h	 225 Km/h - 140 Km/h
Viteza de angajare în configuraţia de aterizare (viteza limită cu volet în poziţia +3)(V_{SO})	65 Km/h	65 Km/h
Viteza minimă fără volet (greutate planor = 590 Kgf)	70 Km/h	75 Km/h
Viteza optimă de remorcaj avion	110-115 Km/h	110-115

		Km/h
Viteza optimă de remorcaj automosor	100 Km/h	105 Km/h
Viteza optimă de apropiere pentru aterizare (cu volet scos)	100 Km/h	100 Km/h
Viteza minimă de apropiere pentru aterizare	85 Km/h	90 Km/h
Viteza normală de aterizare (de contact cu solul la aterizare)	65-70 Km/h	70 Km/h
Viteza maximă a componentei laterale a vântului admisă la decolare	6 m/s	6 m/s

* La planoarele IS 28 B_2cu seria până la 54, viteza maximă de scoatere şi de zbor cu frâna aerodinamică scoasă este de 140 Km/h.

15. Marcarea vitezometrului la planoarele IS 28 B_2 şi IS 29 D_2

MARCAJ	IS 28 B_2	IS 29 D_2
linie radială roşie	230 Km/h	225 Km/h
arc galben (utilizare cu prudenţă)	165-230 Km/h	172-224 Km/h
arc verde (utilizare normală)	70-165 Km/h	75-172 Km/h
arc alb (zona de utilizare a voleţilor)	65-130 Km/h	65-140 Km/h

16. Planorul IS 32 A

Este un planor biloc cu locuri în tandem, de construcţie complet metalică, cu ampenaj în "T" şi tren de aterizare escamotabil. Este prevăzut cu volet de curbură interconectat cu eleroanele (*flapperon*) şi frâne aerodinamice.

Planorul este destinat zborului de antrenament şi performanţă.

Planorul este echipat cu tren principal monoroată, escamotabil, cu amortizor oloepneumatic şi cu o roată bechie.

Voletul cu eleronul (cu manşa la mijloc) au 4 poziţii:

-1 = -5°
0 = 0°
1 = 5°
2 = 10°

Frâna aerodinamică de tip Hutter este amplasată pe extrados şi pe intrados.

Ambele posturi de pilotaj (aşezate în tandem) sunt acoperite de o cupolă de plexiglas care se deschide în jurul unor şarniere spre dreapta.

În partea stângă a cadrului metalic, în dreptul fiecărui pilot se găseşte maneta de închidere-deschidere a cabinei, iar pe partea dreaptă, în mod simetric se gaseşte maneta de largare a cupolei (mâner de culoare roşie). Comanda voletului (mâner de culoare neagră) şi a frânei aerodinamice (mâner albastru) sunt amplasate pe peretele din stânga posturilor de pilotaj.

Pe podea, în partea stângă, în ambele posturi, se află maneta de comandă a frânei pe roată (a trenului de aterizare).

Pe partea stângă a manşei, la baza sa, se găseşte comanda compensatorului (culoare verde).

Pe partea dreaptă a cabinei, în ambele posturi de pilotaj se găseşte comanda de escamotare a trenului de aterizare (poziţia înainte = tren escamotat).

Comanda declanşatorului (maneta galbenă) se găseşte amplasată pe postul din fată în partea sângă a tabloului de bord, iar pentru postul de pilotaj spate, aceasta se găseste pe peretele din stânga cabinei.

În faţa manşei, pe podea, în postul de pilotaj faţă, se găsesc casetele pentru fixarea lestului suplimentar de corectare a centrajului şi deasupra acestora, la centru, rozeta de reglare a poziţiei palonierului.

17. Caracteristici geometrice ale planorului IS 32 A

Anvergura	20 m
Lungimea maximă	8.36 m
Înălţimea maximă	1.55 m
Suprafaţa aripii (diedru de 2°)	14.68 m^2
Suprafaţa eleronului (2 x 0.1945 m^2 =)	0.389 m^2

Suprafeţe ampenaje:

Stabilizator	1.16 m^2
Profundor	0.6 m^2
Deriva	0.697 m^2
Direcţie	0.57 m^2

Bracaje:

Profundor în sus	$30^o \pm 2^o$

Profundor în jos	27° ± 2°
Direcţie în stânga	30° ± 2°
Direcţie în dreapta	30° ± 2°
Eleron în sus	-17° ± 2°
Eleron în jos	10° ± 2°

Zborul în nori este interzis.
Zborul de noapte este interzis.
Factori de sarcină la greutatea maximă de 590 Kgf: +4 şi -1;
Greutate planor gol: 407 Kgf;
Greutatea maximă în D.C. (utilitar): 590 Kgf;
Greutatea maximă în spaţiul de bagaje (fără a depăşi greutatea admisă: 20Kgf
Limitele de centraj:

- faţă: 19.3% CMA
- spate: 44.1% CMA

Pentru încadrarea în limitele de centraj în cazul piloţilor uşori se utilizează lest suplimentar de plumb amplasat pe podeaua postului de pilotaj faţă, după cum urmează:

55-65 Kgf în postul de pilotaj principal 14,6 Kgf lest
66-75 Kgf în postul de pilotaj principal 7,3 Kgf lest

Lestul se aplică la zborurile în SC când greutatea pilotului (inclusiv paraşuta) este mai mică decât 75 Kgf.

Fineţea optimă este de 46.5 şi se obţine la viteza de 104 Km/h în SC şi 108 Km/h în DC.

Viteza maxim admisă a vântului lateral este de 5 m/s.

18. Caracteristici în zbor ale planorului IS 32 A

Viteza maxim admisă (VNE)	195 Km/h
Viteza maximă la rafală a vântului de 15 m/s (V_B)	160 Km/h
Viteza maximă în remorcaj de avion (V_T)	140 Km/h
Viteza maximă cu trenul de aterizare scos (V_{LO})	195 Km/h
Viteza maximă de scoatere a trenului (V_L)	140 Km/h
Viteza maximă cu frânele scoase (V_{frina})	195 Km/h
Viteza maximă cu voletul bracat la 10° (+2)	140 Km/h

Viteza maximă de lansare cu automosorul	
Viteza de manevră (V_A)	160 Km/h
Viteza de angajare în configuraţia de aterizare (V_{SO})	80 Km/h
Viteza de angajare în configuraţie normală (volet=0°)	86 Km/h
Viteza minimă de înfundare (de 0.56 m/s) se obţine la viteza de	90 Km/h

Marcarea vitezometrului:

linie radială roşie	195 Km/h
arc galben (utilizare cu prudentă)	160-195 Km/h
arc verde (utilizare normală)	85-160 Km/h
arc alb (zona de utilizare a voleţilor)	80-140 Km/h
triunghi galben	110 Km/h

19. Norme de întreţinere a planoarelor

Normele de întreţinere constau într-o serie de controale, revizii periodice care se fac:

- zilnic, înainte de zbor
  - -la scoaterea din hangar;
  - -la start.
- saptămânal
  - -la efectuarea unui număr de zboruri stabilite;
  - -la întoarecerea din zborul de distanţă;
  - -la stocare;
  - -când se observă sau se depistează un defect.

Întreţinerea propriuzisă constă în:

-curăţirea interioară şi exterioară a planorului;

-gresarea pieselor în mişcare;

-controlul şi aducerea la poziţia normală a amortizoarelor şi a cauciucurilor;

-reglarea comenzilor şi a compensatoarelor;

-reglarea instrumentelor de bord;

-aprovizionarea cu surse electrice, oxigen, etc. pentru instrumentele şi echipamentul de bord.

Întreţinerea aparatelor de bord constă în însăşi montarea lor în aşa fel încât să fie ferite de şocuri şi presiuni. Aceasta se realizează prin montarea tabloului de

bord pe planor prin intermediul garniturilor de cauciuc. Se va avea grijă să nu existe gâtuiri sau fisuri la conducte.

Conductorii electrici trebuie să aibă continuitate, să aibă izolaţia în bună stare.

Prizele de aer trebuie să fie curate, iar în repaus să fie husate.

Prizele trebuie să fie ferite de şocuri mecanice şi de modificări de secţiune.

Bateriile pentru instrumentul giroscopic să fie schimbate la timp.

Busola să fie compensată, controlată zilnic pentru depistarea eventualelor defecte.

Orice instrument va fi înlocuit în situaţia în care o cauză internă face ca acesta să nu funcţioneze sau să dea indicaţii eronate.

CAPITOLUL II
METEOROLOGIE

1. Generalităţi

Meteorologia este ştiinţa care se ocupă cu studiul atomosferei şi a fenomenelor din atmosferă.

Starea vremii influenţează în mod deosebit desfăşurarea întregii activităţi aeronautice (precum şi multe alte domenii de activitate ale omului). Activitatea de cercetare meteorologică este pusă la punct pe întreg globul prin înfiinţarea în anul 1951 a ***O****rganizaţiei* ***M****eteorologice* ***M****ondiale*, instituţie specializată a ONU.

Pe plan intern, activitatea de cercetare meteorologică se realizează prin ***I****nstitutului* ***M****eteorologic* ***C****entral* (înfiinţat în anul 1884), care în anul 1991, prin reorganizare se va numi ***I****nstitutul Naţional de* ***M****eteorologie şi* ***H****idrologie*.

Acest institut este organizat în ţară printr-o reţea de staţii meteorologice şi hidrologice; acestea culeg date pe care le centralizează INMH şi apoi le retransmite pe tot globul. Institutul Naţional de Meteorologie şi Hidrologie este dotat şi cu o staţie de urmărire şi transmisie a datelor culese de sateliţii meteorologici.

2. Atmosfera

Atmosfera este învelişul gazos al globului pământesc, cunoscut sub denumirea de *aer*.

Aerul este un amestec de gaze conţinând în plus vapori de apă, particule microscopice, fum, praf, micrometeoriţi, săruri, bacterii, etc. (acestea pot atinge 4% din atmosferă).

Studiind aerul uscat s-a constatat că procentajul gazelor componente ale atmosferei este următorul: 78,9% azot; 20,95% oxigen; 0,93% argon; 0,03% bioxid de carbon. Restul de câteva sutimi îl formează gazele rare cum ar fi: hidrogenul, heliul, radonul, neonul, criptonul, xenonul, metanul, ozonul.

Cu toate că aceste gaze au greutăţi specifice diferite, din cauza mişcărilor atmosferei nu se pot stratifica în raport cu densitatea lor aşa că până la altitudini de cca. 70 km compoziţia aerului este aproape omogenă.

3. Înălţimea atmosferei

Înălţimea maximă a atmosferei este de 2500 km, dar în mod practic se consideră ca fiind extinsă până la 800 km.

noleculele)

nd variaţia

termosfera.

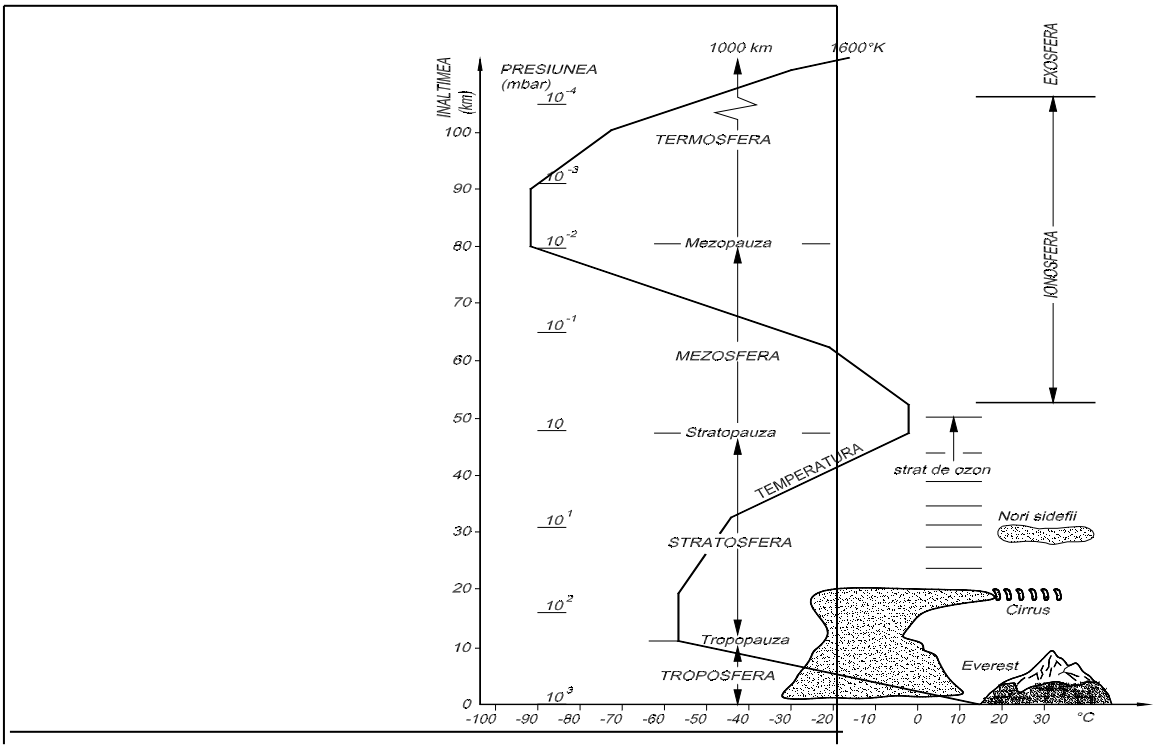


Fig. 4.1. Zonele atmosferei

Troposfera *(zonă în care au loc toate fenomenele obişnuite din natură: ploaie, fulgere, trăsnete etc.)* se află cuprinsă ca înălţime între 5-8 km la pol şi 15-18 km la ecuator (Fig. 4.2.).

Tropopauza separă troposfera de stratul următor, stratosfera, prezentând un salt brusc de temperatură.

Temperaturile medii sunt de -45° C la pol şi de -80°C la ecuator.

Această zonă este caracterizată prin existenţa unor vânturi puternice de natură termică şi prezintă unele discontinuităţi datorate unor curenţi foarte puternici numiţi *curenţi jet*.

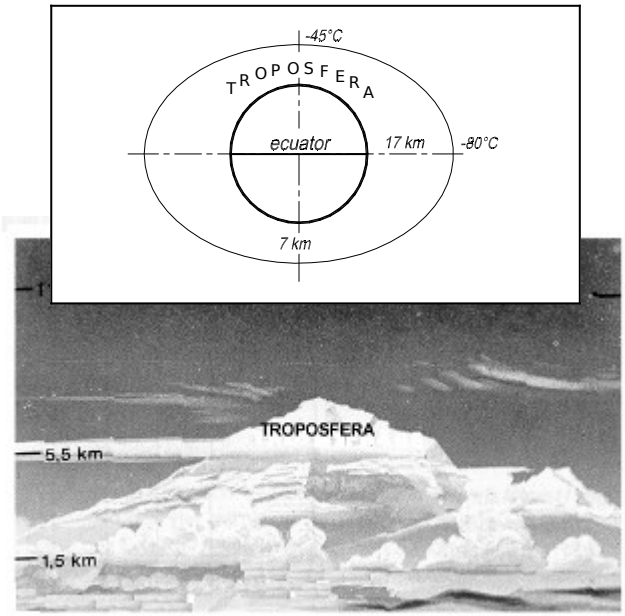


Fig 4.2. Troposfera

Convenţional, tropopauza are o altitudine de 11km şi temperatura standard de -56,5°C.

Stratosfera se întinde până la 35-50 km.

Temperatura, la început, are un mers staţionar ca apoi să crească mult datorită ozonului care absoarbe razele ultraviolete.

Stratul de ozon se află între 20-30 km înălţime, având o grosime de câţiva metri.

Stratosfera este mai groasă la poli şi mai subţire la ecuator.

Vizibilitatea este foarte bună, conţinutul de vapori de apă fiind foarte redus.

Vânturile, deşi sunt foarte puternice, au un caracter *laminar.* Până la 25 km predomină vânturile de vest, iar deasupra cele de est.

Stratopauza este o zonă de tranziţie între stratosferă şi mezosferă aflată la altitudinea de aproximativ 50 km fiind caracterizată printr-un maxim de temperatură.

Mezosfera este caracterizată prin descreşterea temperaturii cu înălţimea, atingând -70ºC între 80-85 km altitudine .

Termosfera este caracterizată prin creşterea continuă a temperaturii ajungându-se temperaturi de peste 1000 ºC.

Ionosfera. Aici aerul este puternic ionizat (electrizat). Acest fenomen are loc datorită bombardării moleculelor gazelor rarefiate de către razele cosmice (straturile ionizate reflectă undele electromagnetice către pământ).

Exosfera este caracterizată prin aceea că aerul nu se mai găseşte în stare moleculară (ci atomică) datorită bombardării moleculelor cu raze cosmice. Aici vom întâlni ziua temperaturi de aprox. +2500 ºC, iar noaptea aproape de -273 ºC.

5. Factorii atmosferici

Aerul atmosferic este caracterizat de 3 factori atmosferici care nu sunt legaţi funcţional ci sunt în *interdependenţă statică*.

Cei 3 factori sunt: *presiunea, temperatura şi umiditatea*.

În afară de aceştia, aerul se mai caracterizează printr-o *mişcare turbulentă* în raport cu suprafaţa terestră.

Ansamblul *marilor mişcări permanente* şi din care rezultă *circulaţia atmosferei* depinde de *distribuţia temperaturii pe glob* şi de *rotaţia pământului*.

Mişcarea aerului constituie o problemă fundamentală pentru *meteorologia sinoptică* (aceasta efectuează observaţii pentru prevederea de temperatură).

6. Temperatura aerului

Prin temperatură se înţelege starea de încălzire a unui corp (repectiv starea de încălzire a aerului).

Căldura este o formă de energie. Dacă un corp primeşte căldură el se încălzeşte, iar cînd cedează căldura el se răceşte.

În natură schimbul de energie se face astfel încât corpurile mai calde cedează căldura celor mai reci.

Fiecare corp are o căldură specifică şi în funcţie de aceasta el se va încălzi mai uşor sau mai greu. Prin *căldură specifică* a unui corp înţelegem cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi cu un grad Celsius un kilogram din acel corp. Unitatea de măsură este Joule/kg ºC.

Corpurile având călduri specifice diferite se vor încălzi de la aceeaşi sursă (de exemplu soare) în mod diferit.

6.1. Propagarea căldurii

Căldura se propagă prin conducţie (contact), convecţie şi radiaţie.

Prin *conducţie* căldura se propagă în interiorul corpurilor materiale sau la limita de contact dintre corpuri diferite, aceasta *transmiţându-se de la moleculă la moleculă*.

Corpurile pot fi:

- rău conducătoare de căldură (lemn, plastic, etc.);

- bune conducătoare de căldură (metale).

Prin *convecţie* căldura se propagă în mediile fluide (care au coeficienţi de conducţie cu atât mai scăzuţi cu cât densitatea fluidului este mai scazută) *prin curenţi* generaţi de către diferenţele de temperatură. Astfel, prin aceste medii, prin curenţi căldura poate fi uşor transportată dintr-o regiune caldă în alta rece, pe distanţe medii.

Prin *radiaţie* căldura se propagă prin intermediul *radiaţiei electromagnetice* (spectrul caloric).

Toate corpurile cu temperaturi peste -273°C (0°K), emit radiaţii calorice ce au diferite lungimi de undă care, pe măsură ce creşte temperatura se apropie de lungimea de undă a razelor luminoase (corpurile cu temperaturi de peste 500°C).

6.2. Încălzirea atmosferei

Încălzirea atmosferei se realizează de la pământul încălzit de soare prin conducţie la limita de contact cu aerul atmosferic şi prin *convecţie* pentru straturile îndepărtate. De la soare aerul primeşte o cantitate foarte mică de căldură deoarece este un mediu transparent (Fig. 6.3.).

Suprafaţa terestră se încălzeşte de la soare prin *radiaţie* şi datorită structurii diferite a acestuia (oraşe, lacuri, câmpii, munţi, păduri) se va încălzi în mod diferit. Aerul din imediata vecinătate a solului se va încălzi prin contact de la sol, va deveni mai uşor (mai puţin dens) şi va urca în altitudine dând naştere *curenţilor de convecţie* care vor încălzi la rândul lor atmosfera până la mari înălţimi.

Curenţii turbulenţi (starea de agitare dezordonată şi transportul *advectiv* al unor mase de aer contribuie de asemenea la încălzirea atmosferei.

Comprimarea sau *dilatarea* aerului produce de asemenea *efecte termice* (încălzire, răcire).

Noaptea solul se răceşte treptat şi prin contact se va răci şi aerul din apropierea solului (*răcire nocturnă*). Atmosfera terestră se comportă ca un *termostat* moderându-şi c[ldura ziua şi întârziind pierderea acesteia noaptea.

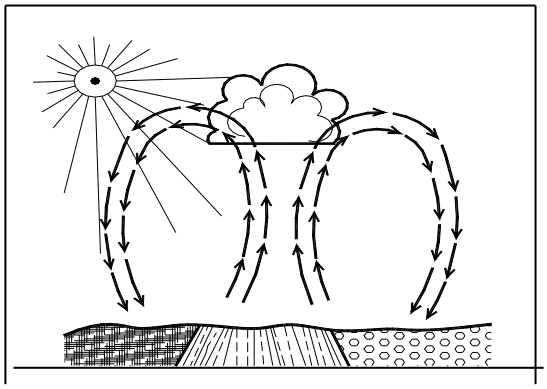


Fig. 6.3 Încălzirea atmosferei

M.6.3. Măsurarea temperaturii

Se realizează cu ajutorul termometrelor (cu alcool sau cu mercur).

Mai există termometre de maximă şi de minimă temperatură (vezi Fig. 6.4.), precum şi termometre înregistratoare numite *termografe*.

Unităţi de masură pentru temperatură:

- gradul *Celsius* (°C); se consideră 0°C *punctul de îngheţ al apei* şi 100°C *punctul de fierbere a apei*;
- gradul *Kelvin* (°K); ca valoare 1°K=1°C, dar 0°K este *zero absolut*, rezultând:

0°K = -273.15°C;
0°C = 273.15°K;
100°C = 373.15°K;

- gradul *Fahnrenheit* (folosit în ţările anglo-saxone); -32°F= *punctul de îngheţ al apei* şi 212°F= *punctul de fierbere a apei*;

1°C = 9/5°F;
1°F = 5/9°C.

În mod obişnuit temperaturile mai mari de 0°C se notează cu "+" (de exemplu +15°C), iar cele mai mici de 0°C se notează cu "-" (de exemplu -25°C).

Temperatura standard în aviaţie este de +15°C la 760 mm Hg.

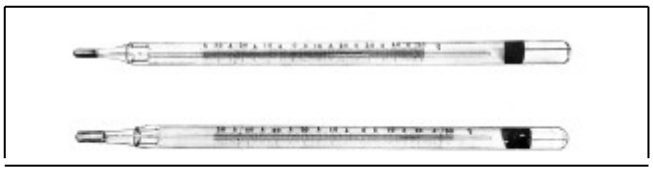


Fig. 6.4. Măsurarea temperaturii

6.4. Variaţiile temperaturii aerului

A. Considerând *acelaşi loc* de pe glob vom avea următoarele *variaţii de temperatură*:

a. *periodice*: diurnă şi sezonieră;

În cazul variaţiei *diurne* temperatura prezintă un *maxim* la cca. 2-3 ore după ce soarele a trecut la meridian (la verticala locului) şi un *minim* după ce a răsărit soarele.

În cadrul variaţiei *sezoniere* temperatura prezintă un *maxim* vara şi un *minim* iarna;

b. *neperiodice* (accidentale) ale temperaturii sunt produse de *perturbaţii atmosferice* ca de exemplu invazii de aer (cald sau rece).

B. Variaţia temperaturii *de la loc la loc* se prezintă astfel:

- mergând *pe meridian temperatura scade de la ecuator spre poli*;

- *invaziile de mase de aer* (cald sau rece) fac ca *pentru aceeaşi oră* să avem *pe locuri relativ apropiate diferenţe de temperaturi* destul de mari.

Privind distribuţia temperaturii pe sol (deci pe orizontală), pe *hărţile sinoptice* se trasează *izotermele* din 5 în 5°C. (*Izotermele reprezintă liniile ce unesc toate punctele cu aceeaşi temperatură*).

C. *Variaţia temperaturii în înălţime*.

Temperatura în general scade cu înălţimea datorită faptului că aerul este un mediu rău conducător termic. Uneori între sol şi 10 m pot fi variaţii de temperatură de 5°C până la 10°C. În înălţime temperatura scade în general ca în Fig. 6.1. Totuşi, până la 5 km (în troposferă), nu întotdeauna temperatura va scădea cu înălţimea. Peste 5 km, temperatura scade cu 6.5°C/km până la tropopauză (-45°C la pol şi -80°C la ecuator).

În atmosferă *aerul care urcă se destinde şi ca urmare se răceşte* (în mod *adiabatic)* iar *la mişcările descendente se încălzeşte*.

6.5. Gradientul termic

Gradientul termic vertical reprezintă variaţia temperaturii pentru o diferenţă de nivel de 100 m. În meteorologie pentru întocmirea *diagramelor aerologice* (obţinute în urma *sondajelor radio în altitudine*), se foloseşte, pentru *aerul uscat,* valoarea de 1°C/100 m (*gradientul adiabatic uscat*), iar pentru *aerul umed saturat*, valoarea de 0,5°C/100 m (*gradientul adiabatic umed*).

În aviaţie s-a adoptat ca *gradient mediu* valoarea de 0,65°C/100m.

6.6. Inversiune, izotermie

Zona în care temperatura creşte odată cu creşterea de înălţime se numeşte zonă de inversiune sau, simplu, inversiune.

Izotermia este reprezentată de zona în care temperatura este staţionară cu creşterea de înălţime.

Cauzele care produc inversiunile şi izotermiile sunt multiple:
- radiaţia nocturnă în nopţile senine;
- invazii de aer rece care produc inversiuni la sol;
- comprimarea aerului, invazii de aer pe diferite straturi, pături de nori, căldura de condensare a vaporilor de apă;
- fronturile meteorologice care produc inversiuni sau izotermii în altitudine.

În situaţia inversiunilor la sol se produce *ceaţa* ce are ca efect micşorararea vizibilităţii.

7. Umezeala aerului

După cum am văzut la structura atmosferei, în aer vom găsi, în afară de elementele chimice, apa. Aceasta se poate afla sub cele 3 stări de agregare pe care le cunoaştem: *gazoasă, lichidă şi solidă*, după cum urmează:
- starea gazoasă – vapori de apă, este invizibilă;

- starea lichidă - sub forma picăturilor fine de apă care formează ceaţa, burniţa, ploaia, norii, etc.;
- starea solidă - zăpada, gheaţa, grindina, etc.

Conţinutul în apă al atmosferei este variabil şi provine din evaporarea apelor de suprafaţă (oceane, lacuri, râuri, transpiraţia plantelor, etc.). Evaporarea are loc până când aerul devine *saturat,* adică el conţine cantitatea maximă de vapori, surplusul condensându-se. *Procesul de evaporare depinde de temperatură*; astfel dacă temperatura este mai mare şi cantitatea de vapori poate fi mai mare. Dacă luăm o cantitate de aer şi îi micşorăm temperatura, se ajunge la un moment când aerul se va satura, producându-se *condensarea*.

Temperatura la care aerul devine saturat se numeşte tempertura punctului de rouă.

Umezeala absolută (U_a) exprimă cantitatea de vapori de apă în grame conţinută de 1m^3 de aer (în momentul determinării). Se detemină astfel: se ia un tub cu o substanţă *higroscopică* care se cântăreşte. Se aspiră prin tub 1m^3 de aer şi se cântăreşte din nou tubul. Diferenţa de greutate reprezintă tocmai cantitatea de vapori de apă. Umezeala absolută este direct proporţională cu temperatura. Astfel iarna umezeala absolută nu depăşeşte 5gr/m^3, iar vara este peste 10-15gr/m^3.

Umezeala absolută maximă (U_{am}) exprimă cantitatea maximă de vapori de apă ce o poate conţine 1m^3 de aer la o anumită temperatură.

T (°C)	-30	-20	-10	0	10	20	30
U_{am} (g/m^2)	0.3	1,1	2,3	4,9	9,4	17,3	30,4

Din tabelul de mai sus se observă că *umezeala absolută maximă creşte odată cu creşterea temperaturii aerului*.

Umezeala relativă (U_r) exprimă raportul dintre umezeala absolută şi umezeala absolută maximă, în procente U_r.

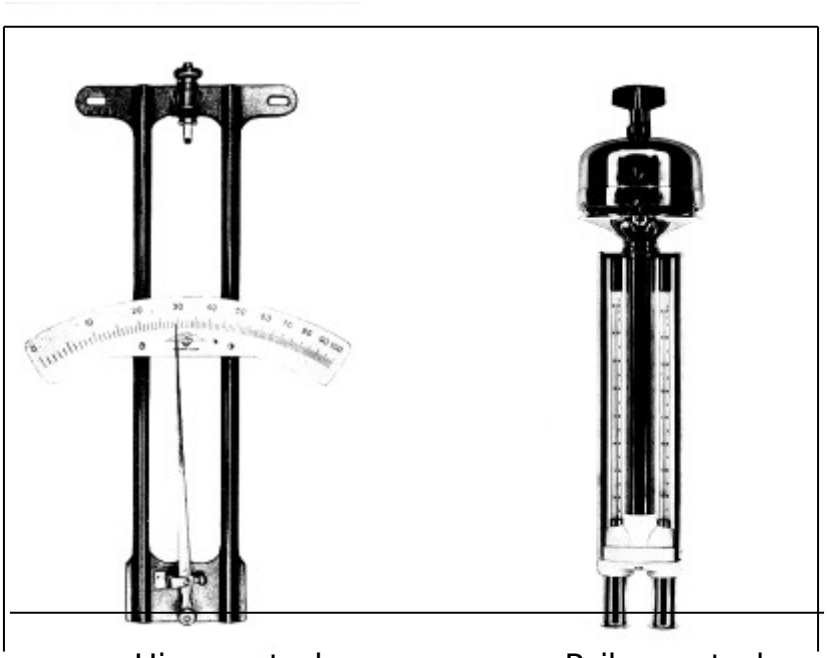
$U_r = U_a/U_{am}$ 100 (%)

Umezeala relativă variază invers proporţional cu temperatura; astfel în zilele călduroase de vară ea este mai mică, decât noaptea (când temperatura este mai mică). Altfel spus *umezeala relativă este raportul dintre tensiunea elastică a vaporilor de apă în momentul respectiv şi teniunea maximă ce o poate avea aerul la temperatura din momentul respectiv*.

7.1. Măsurarea umezelii

Dintre mărimile fizice ale umezelii aerului singura care se poate măsura direct este umezeala relativă. Instrumentul cu care se face măsurarea se numeşte *higrometru* (vezi Fig. M.7.5).

Acesta se construieşte cu un fir de păr (blond şi degresat), care este foarte sensibil la umezeală (adică se întinde foarte mult la umezeală).



Higrometrul Psihrometrul

Fig. 7.5. Instrumente de măsurare a umezelii

Pentru măsurarea temperaturii punctului de rouă şi a umezelii relative (se scoate din tabele) se foloseşte *psihrometrul* (vezi Fig. 7.5).

Acesta este format din două termometre din care unul are *bulbul* umed şi unul bulbul uscat.

Prin intermediul unei turbine se suflă peste aceste termometre (asupra bulbului) un metru cub de aer. La sfirşitul operaţiei se citeşte diferenţa de temperatură.

În funcţie de temperatura ambiantă şi de diferenţa respectivă din tabele se va scoate umezeala relativă şi temperatura punctului de rouă.

7.2. Relaţii între temperatură şi umezeală

Umezeala aerului este în strânsă legătură cu temperatura sa. Ele sunt direct proporţionale astfel:

- umezeala absolută este mai mare vara decât iarna, deoarece din cauza temperaturii ridicate vara procesul de evaporare este mai intens, în timp ce iarna evaporarea este mai scăzută, deci şi umezeala absolută este mai mică;
- umezeala absolută maximă este cu atât mai mare cu cât temperatura aerului este mai mare (un metru cub de aer poate să conţină mai mulţi vapori cu cât creşte temperatura);
- umezeala relativă reprezentând raportul dintre U_a şi U_{am} va avea un mers invers cu cel al temperaturii. Astfel, pentru un metru cub de aer pe masură ce îi scădem temperatura, observăm că scade şi U_{am} deci U_r creşte (urmărim formula de la pct. 7.).

Exemplu: considerăm că avem un metru cub de aer care are U_a = 10g şi temperatura de 17°C:

$U_r = U_a/U_{am} \times 100 = 10/17 \times 100 = 58\ \%$

Dacă scădem temperatura la 10°C vom avea U_{am} = 9,4 g/m şi respectiv U_r = 10/9.4 x 100 = 100 % deci aerul este saturat.

7.3. Variaţia umezelii

Ca şi la temperatură vom avea variaţii periodice şi accidentale:

Variaţii periodice (regulate)

a. diurnă şi

b. sezonieră;

a. variaţia diurnă

- U_{am} creşte ziua, iar noaptea scade;
- U_a creşte ziua, scade noaptea (ziua evaporarea este mai intensă datorită temperaturii mai mari);

- U_r este mai mare noaptea şi mai mică ziua (ziua apa se evaporă şi noaptea cantitatea evaporată duce la creşterea U_r datorită scăderii temperaturii şi respectiv a U_{am};

b. variaţia sezonieră
- U_{am} creşte vara şi scade iarna;
- U_a este mai mică vara faţă de iarna, când temperaturile sunt mai mici;
- U_r ca şi umezeala absolută este mică vara faţă de iarna.

Variaţia accidentală a umezelii se produce datorită mişcărilor maselor de aer, mişcări datorate anumitor cauze (de exemplu diferenţa de temperatură de la un loc la altul).

Variaţia umezelii în altitudine

În înălţime datorită scăderii presiunii (se tratează la pct. 8.1.), aerul se dilată (îşi măreşte volumul). Deoarece pentru masa de aer care urcă, cantitatea de apă rămâne aceeaşi (dar volumul se măreşte), umezeala absolută se micşorează astfel că U_a ajunge la înălţimea de 5.000 m să aibă doar o zecime din valoarea de la sol.

Umezeala relativă creşte până la *nivelul de condensare*, atinge cele mai mari valori în nori iar deasupra scade brusc, deoarece aerul devine foarte uscat.

` *Nivelul de condensare reprezintă înălţimea la care umezeala relativă devine 100% (vaporii de apă condensează)*. În acest moment apar norii.

8. Presiunea atmosferică

Datorită greutăţii proprii aerul exercită asupra corpurilor o forţă ce poartă denumirea de *presiune*.

Prin presiune se înţelege apăsarea exercitată de o coloană de aer având suprafaţa bazei de 1cm^2 şi înălţimea egală cu înălţimea atmosferei.

Toricelli, prin experienţa sa, dovedeşte existenţa presiunii atmosferice (Fig. 8.6.).

Unităţile de masură pentru măsurarea presiunii atmosferice sunt *milimetrul coloană de mercur (mmHg) şi hectoPascalul (hPa).* În anul 1986, Organizaţia Meteorologică Mondială a stabilit că în onoarea savantului francez Blaise Pascal (1623 - 1662) să se introducă unitatea de măsură a presiunii numită "Hectopascal", înlocuind vechea unitate de măsură, milibarul: (1HPa = 1mb).

Pentru măsurători se foloseşte *mercurul* deoarece are o densitate mare (Fig. 8.6.) şi necesită coloane relativ scurte.

760 mmHg = 1033,6 g/cm^2;
1 g/cm^2 = 1 dynă;
1 mmHg = 1,33 hPa.

Pentru un calcul rapid se ia 1mmHg = 4/3hPa şi, respectiv,
1hPa = 3/4mmHg.

Măsurarea presiunii se face cu ajutorul:
- *barometrului* cu mercur sau cu capsulă aneroidă;

- *barografului* (aparat înregistrator).

Funcţionarea acestor aparate se analizează la capitolul "Instrumente de bord".

Pentru efectuarea măsurătorilor se face reducerea presiunii la 0°C, prin calcul sau tabele.

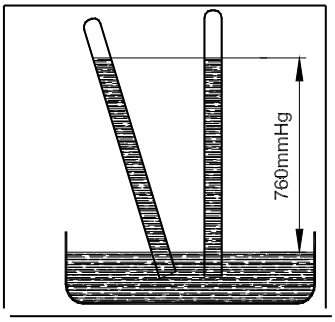


Fig. 8.6. Experienţa lui Toricelli

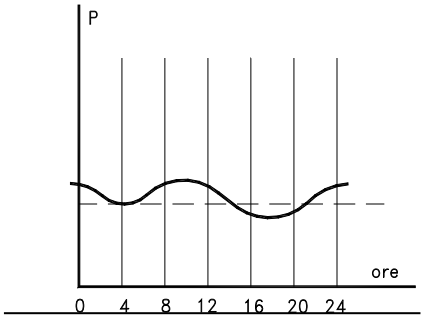


Fig. 8.7. Variaţia diurnă a presiunii

8.1. Variaţiile presiunii atmosferice

a. *variaţia diurnă* (Fig. 8.7.) reprezintă două maxime şi două minime pentru 24 de ore astfel:

- maxime în jurul orelor 10 şi 24 şi
- minime în jurul orelor 04 şi 16.

Aceste variaţii diurne pot atinge un hectopascal (milibar) în zonele temperate şi câţva milibari în cele tropicale.

b. în afara variaţiilor diurne există şi *variaţii sezoniere*; astfel pe continent presiunea prezintă un maxim iarna şi un minim vara, iar pe oceane maximul este vara şi minimul este iarna.

c. *variaţiile accidentale su*nt mai importante deoarece sunt legate de caracterul timpului.

Acestea sunt produse de perturbaţiile atmosferice şi pot atinge 10 mb într-un timp scurt.

d. *variaţia presiunii în altitudine*

Presiunea atmosferică scade (vezi Fig. 4.1.) în altitudine datorită:

- scăderii densităţii aerului în înălţime;
- scurtării coloanei de aer odată cu creşterea înălţimii.

Savantul Laplace a stabilit *legea variaţiei presiunii cu altitudinea*. Aceasta este o funcţie logaritmică complexă. Pentru a uşura calculele a fost introdusă *treapta barică.* Aceasta reprezintă distanţa pe verticală, în metri, pentru care se înregistrează o descreştere a presiunii atmosferice cu 1 milibar.

Treapta barică se calculează pe intervale pe care se poate aproxima o scădere liniară a valorii presiunii după cum urmează:

- la nivelul mării scade cu 1mb pentru 8,4 m sau cu 1 mmHg pentru fiecare 11,2 m;
- la 5000 m presiunea scade cu 1 mb la fiecare 16 m;
- la 11000 m presiunea scade cu 1 mb la fiecare 32 m.

8.2. Vântul

Datorită fluidităţii sale aerul poate avea *mişcări orizontale, verticale sau înclinate*.

Mişcarea orizontală a aerului se numeşte vânt.

Mişcările verticale şi înclinate se numesc curenţi.

Vântul este provocat de diferenţa de presiune (pe orizontală) de la loc la loc. Aceste diferenţe pe orizontală există atât la nivelul solului cât şi la înălţime. *Cauza principală a acestor diferenţe o constituie încălzirea inegală a suprafeţei terestre deci şi a maselor de aer din vecinătatea acestora*.

Astfel spre zonele mai încălzite (unde presiunea este mai mică) se îndreaptă aerul mai rece (cu o presiune mai mare).

8.3. Mărimile ce definesc vântul

Mărimile ce definesc vântul sunt *direcţia şi intensitatea (forţa)*.

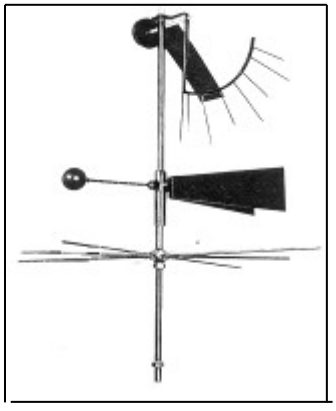


Fig. 8.8. Girueta Fig. 8.9. Anemometrul cu cupe

Prin *direcţie,* în meteorologie se înţelege *direcţia de unde "suflă" (vine) vântul*. Ea se indică prin grade sexagesimale cu următoarea corespondenţă: N = 360° (0°); S = 180°; E = 90°; W = 270°.

Viteza vântului se exprimă în următoarele unităţi de măsură: m/s; km/h; mile marine/h (= nod (1 milă marină = 1853m)).

Transformarea din km/h în m/s se face înmulţind m/s cu 3,6 sau, aproximativ, înmulţind m/s cu 4 şi scăzând din produs cifra zecilor.

Direcţia vântului este indicată la sol de *giruete* (vezi Fig. 8.8.), iar în înălţime cu ajutorul *baloanelor* sau a *radiosondelor.*

Pe aerodrom, pentru măsurarea direcţiei vântului, se mai foloseşte *mâneca de vânt şi T-ul mobil*.

Pentru măsurarea *intensităţii vântului se folosesc anemometrele cu cupe sau cu palete, sau anemografele* (vezi Fig 8.9.).

8.4. Izobarele

Distribuţia presiunii atmosferice pe suprafaţa globului este indicată pe hărţile meteorologice cu ajutorul izobarelor.

Izobarele sunt liniile care unesc punctele cu aceeaşi presiune atmosferică.

Hărţile izobarice pot fi anuale, lunare, zilnice, etc.

Dacă izobarele formează o serie de cercuri concentrice în jurul unui punct, această zonă se numeşte *centru de presiune*.

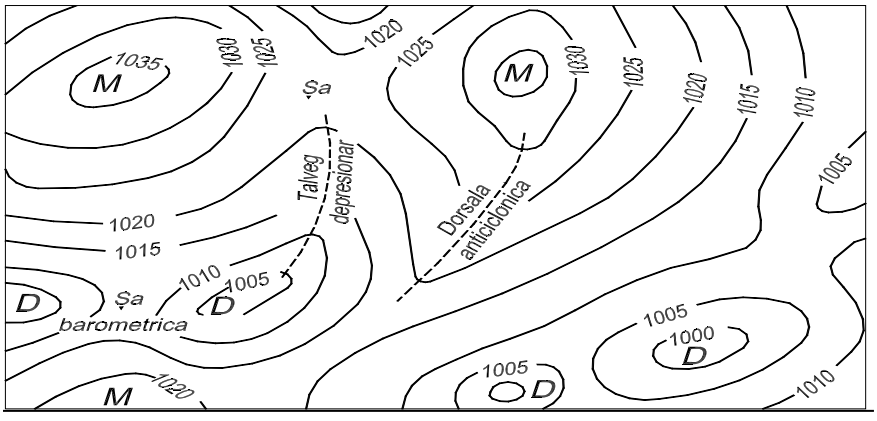


Fig. 8.10. Formaţiuni barice

8.5. Ciclonul

Se mai numeşte centru de minimă presiune şi este o formă barică caracterizată prin descreşterea presiunii către centrul sistemului.

Izobara exterioară de referinţă este de obicei 1010 mb.

Vântul are o mişcare de la exterior spre centru sau î*n sens invers acelor de ceasornic* (pentru emisfera noastră).

Făcând o paralelă între izobare şi *curbele de nivel* putem asemăna ciclonul cu o *depresiune orografică sau o căldare* (vezi Fig. 8.10.).

8.6. Anticiclonul

Se mai numeşte *centru de maximă presiune şi este o formă barică caracterizată prin creşterea presiunii de la exterior spre centrul sistemului*.

De obicei izobara exterioară care delimitează sistemul este de 1020mb.

În anticiclon *vântul bate de la centru spre exterior în sensul acelor de ceasornic rotindu-se totodată în jurul său* (vezi Fig. 8.10)

Comparându-l cu formele de relief, *anticiclonul ar fi analog munţilor izolaţi sau mameloanelor*. Acest lucru este posibil deoarece în reprezentarea topografică şi valoarea curbelor de nivel creşte spre centrul reprezentării. Pe hărţile *sinoptice, ciclonul se notează cu D iar anticiclonul cu MB sau M*.

Talvegul baric (T) este analog unei văi topografice şi se caracterizează prin izobare în formă de "V". Cotele izobarice descresc din exterior spre valea talvegului.

Dorsala anticiclonică este o prelungire a anticiclonului şi are izobarele în formă de "U", ale căror cote cresc de la margine spre axa mediană a dorsalei.

Şaua barică este analoagă şeii ce leagă două masive muntoase. Izobarele cresc din exterior spre axa şeii.

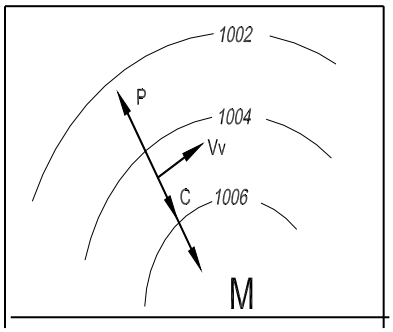


Fig. 8.11. Vânt de gradient

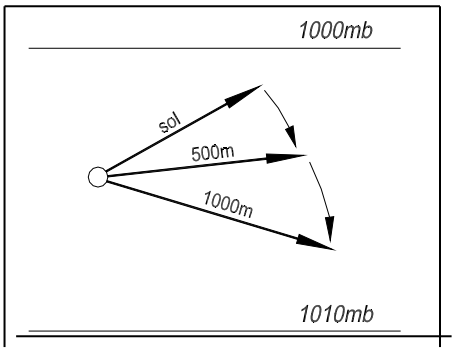


Fig. 8.12 Rotirea vântului în altitudine

8.7. Diferenţa de direcţie şi de intensitate a vântului la sol şi în altitudine

Ştim că vântul reprezintă mişcarea orizontală a aerului faţă de suprafaţa terestră. Ca să se producă această mişcare, este necesară o forţă.

În cazul aerului, forţa care produce mişcarea orizontală este diferenţa de presiune. Această diferenţă, raportată la o unitate de lungime (se ia ca unitate de lungime un grad de latitudine care este echivalent cu 111km) se numeşte *gradient baric*.

Mişcarea aerului produsă de forţa de gradient a presiunii este perpendiculară la izobare (sau izohipse în altitudine).

Datorită mişcării de rotaţie a pământului intră în funcţiune forţa lui Coriolis, aerul fiind deviat, în emisfera nordică, spre dreapta direcţiei sale de mişcare (vezi Fig. 8.11.).

În mişcarea maselor de aer la sol intervine şi *forţa de frecare* care va avea ca efect schimbări de direcţie şi de viteză datorate neuniformităţii solului.

Forţa Coriolis se combină cu forţa de frecare pentru a echilibra forţa de presiune.

Datorită forţelor menţionate mai sus, dacă privim o hartă sinoptică, vom vedea că la sol vântul face un unghi de 30° faţă de izobare, izohipse la înălţime (vezi Fig. 8.12.).

Având în vedere ca odată cu creşterea înălţimii forţa de frecare scade (la 1000 m devine neglijabilă), vântul apare paralel cu izohipsele datorită mişcării aerului spre dreapta în emisfera nordică (forţa Coriolis). În acelaşi timp viteza creşte.

Ţinând seama de *efectul de deviere şi rotire a vântului* se poate spune (în timpul zborului, pentru emisferea nordică) că *atunci când vântul este de spate* (la sol şi în altitudine), *presiunea joasă este în stânga* (vezi Fig. 8.10.).

8.8. Tipuri de vânt

A. În funcţie de structură vom avea: vânt laminar şi vânt turbulent;

a. vânt laminar;

În situaţia când vântul are o mişcare uniformă, atât în ce priveşte viteza cât şi direcţia, scurgerea aerului făcându-se în straturi paralele, spunem că avem vânt laminar.

b. vânt turbulent;

În cazul când întâlneşte obstacole, vântul suferă variaţii în ceea ce priveşte direcţia şi intensitatea, devenind vânt turbulent.

Uneori, faţă de viteza medie vântul poate prezenta creşteri bruşte de viteză sau salturi ce poartă denumirea de rafale. Pentru ca vântul să fie considerat rafalos este necesar ca durata unei rafale să nu depăşească două minute. Peste 12m/s, vântul devine supărător pentru navigaţia aeriană, mai ales atunci când are caracter de vijelie.

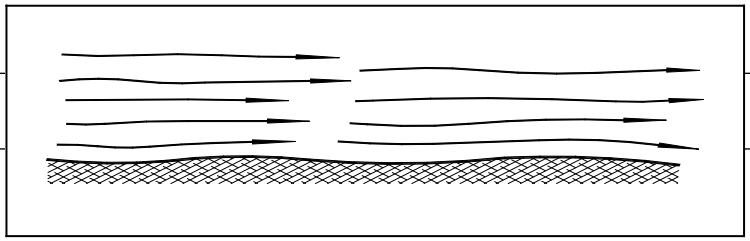


Fig. 8.13. Vânt laminar

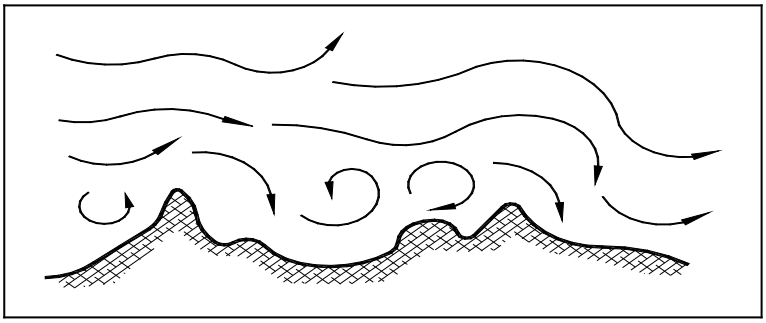


Fig. 8.14. Vânt turbulent

B. Vânturi periodice şi regulate;

Din observaţiile şi studiile făcute s-a văzut că, în anumite zone ale globului, vântul are un caracter *permanent şi regulat*. Astfel în zonele dintre ecuator şi tropice, suflă *vânturile alizee*. În zona asiatică şi Oceanul Indian se produc *vânturi sezoniere numite musoni* (de ex: musonul indian).

C. Vânturi locale;

Datorită configuarţiei solului foarte diferită, care detemină încălziri diferite, iau naştere vânturi locale, cum ar fi:

a. *brizele marine, care sunt mişcări ale aerului pe orizontală determinate de încălzirea diferită a uscatului faţă de mare* (vezi Fig. 8.15).

Aceste mişcări sunt ziua de la mare spre uscat (*briza de mare*) iar noaptea de la uscat spre mare (*briza de uscat*).

Acest lucru se datorează faptului că uscatul se încălzeşte mai repede ziua şi se răceşte mai repede noaptea.

Brizele de mare se simt pe continent până la cca. 10-15 km distanţă de apă şi au o viteză de aproximativ 5 km/h.

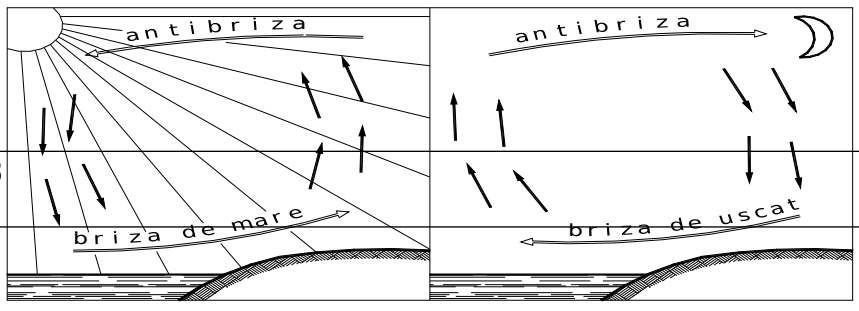


Fig. 8.15. Briza de mare

b. *briza de munte (vântul catabatic) ia naştere în zonele muntoase şi este determinată de răcirea mai rapidă a crestelor noaptea*; aerul rece coboară pe pantă la vale, iar ziua în condiţii de insolatie, crestele se încălzesc, aerul devenind mai puţin dens fiind înlocuit de aerul mai rece de pe vale care urcă spre creste. Astfel ia naştere briza de vale.

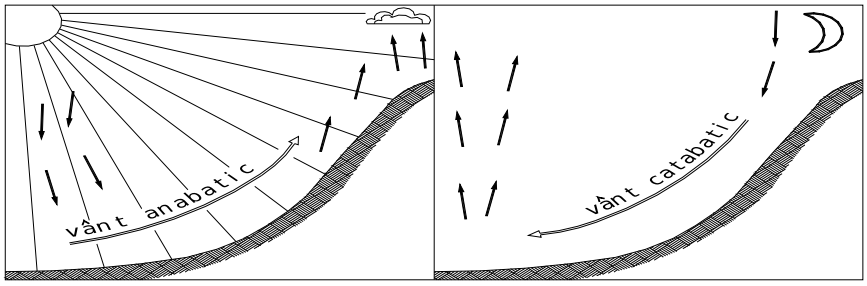


Fig. 8.16. Briza de munte

c. *efectul de fohn* se produce atunci când, din diferite cauze, pe doi versanţi ai unui munte avem diferenţă de presiune (pe unul maxim şi pe altul minim), aerul mai dens urcă pe munte şi coboară pe partea cealaltă a acestuia (vezi Fig. 8.17).

Aerul antrenat pe panta ascendentă se răceşte după adiabata uscată (se răceşte cu 1°C/100m), până la saturaţie, când, prin condensare, eliberându-se căldura latentă, se va răci după adiabata umedă (0,5°C/100m).

Pe creastă norul se precipită sau îşi urmează calea pe orizontală, iar un fileu de aer uscat coboară cu panta. La coborâre, prin comprimare aerul se încălzeşte şi fiind uscat, se va încălzi după adiabata uscată (1°C/100m).

Vântul cald şi uscat care coboară pe panta unui munte reprezintă efectul de fohn.

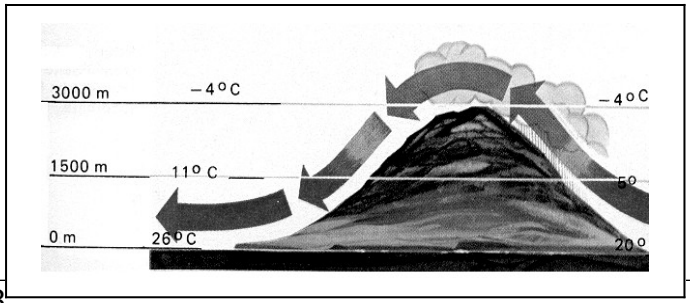


Fig. 8.17. Efectul de fohn

Astfel, în urma acestui efect, la piciorul pantei, în partea de sub vânt aerul este mai cald decât cel de la piciorul pantei din vânt.

La noi în ţară există multe zone în care se resimte efectul de fohn cum ar fi: vântul mare din Făgăraş (mâncătorul de zăpadă), în Podişul Mehedinţi, zona Caransebeş, etc.

d. *undele orografice*.

În timp ce la efectul de fohn aerul urcă şi apoi coboară pe celălalt versant, aici coborârea este rareori laminară (urmărind profilul reliefului), frecvent însă devine turbionară. Din acest motiv scurgerea este perturbată, perturbare ce se resimte până la de 3-4 ori înălţimea obstacolului în funcţie de următorii factori:

- vântul suflă dinspre munte dintr-o direcţie de până la 30° faţă de perpendiculara la sistemul noros, direcţie care se menţine constantă până la creastă;
- existenţa unui sistem noros cu înălţimi apreciabile şi pante accidentate;
- intensitatea vântului la piciorul pantei este de peste 8m/s şi se măreşte spre creastă;
- existenţa unei atmosfere cu stratificare termică stabilă (existenţa unei zone de izotermie sau inversiune);
- perturbarea atmosferei (deformarea curentului aerian) nu se limitează la straturile de aer învecinate crestelor, ci se resimte până la distanţe mari faţă de crestele muntoase, în partea de sub vânt.

Sub aceste *mişcări ondulatorii ale maselor de aer deformate*, apar deseori *zone turbionare* pe axa orizontală faţă de creste, turbioane numite *rotori*.

Turbulenţa în cadrul acestor zone este deosebit de intensă, curenţii verticali, în vecinatatea rotorilor şi mai ales în interiorul lor poate depăşi 8 m/s (vezi Fig. 8.18.).

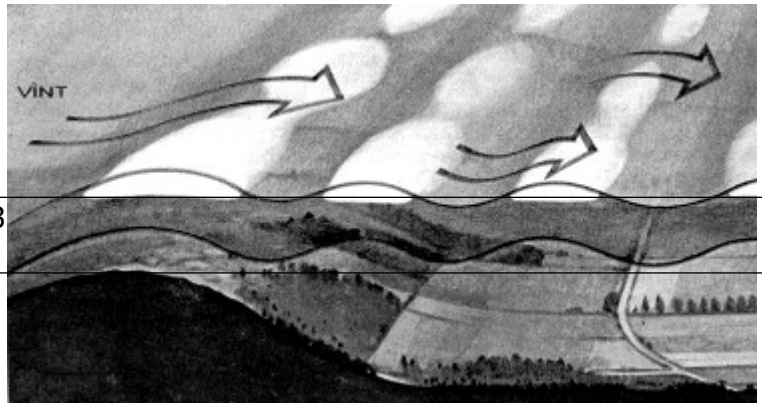


Fig. 8.18. Undele orografice

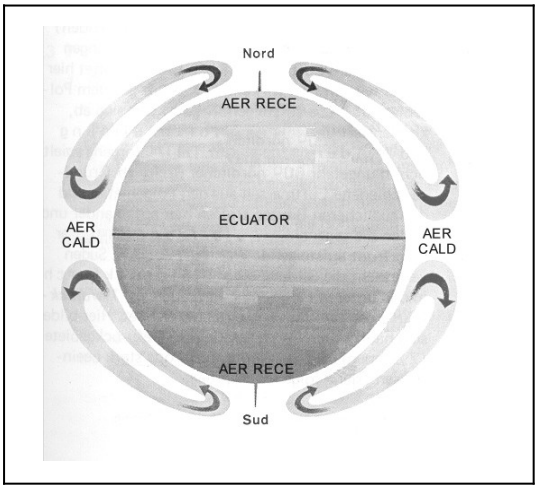


Fig. 8.19. Circulaţia atmosferei

La noi în ţară din cauza influenţelor climatice din Europa Centrală şi Bazinul Mediteranei, întâlnim o gamă variată a vânturilor locale:
- *Crivăţul* este vântul cel mai specific în Moldova, Dobrogea, sudul şi estul Munteniei şi suflă în special iarna;
- *Austrul* suflă dinspre sud în zona Olteniei, Banatului, Crişanei, ajungând în Moldova ca un vânt cald, uscat, aducând geruri mari;
- *Nemirul* suflă în depresiunile din estul Tansilvaniei şi a Braşovului fiind considerat ca o prelungire a crivăţului care se strecoară prin trecătorile Carpaţilor Orientali.

8.9. Circulaţia generală a aerului

După cum am văzut, mişcarea aerului este cauzată de repartiţia inegală a presiunii atmosferice, *aerul deplasându-se din regiunile anticiclonice către cele ciclonice în straturile inferioare şi invers în păturile mai înalte*.

Cauza principală care provoacă o distribuţie inegală a presiunii pe glob este încălzirea neuniformă a suprafeţei terestre. Pe glob există un focar permanent de căldură (zonă intertropicală) şi două focare de frig (calotele polare).

Circulaţia generală a atmosferei este prezentată în Fig. 8.19. unde se observă că aerul rece de la poli se îndreaptă spre zonele tropicale, iar pentru înălţime o importanţă deosebită o au *curenţii jet*.

9. Norii

Sunt constituiţi din picături fine de apă sau cristale de gheaţă suspendate în atmosferă.

Norii au forme şi mărimi diferite foarte variate iar culoarea şi strălucirea se datoresc difuzării razelor soarelui în mod diferit.

Condiţiile pentru formarea norilor sunt condensarea şi sublimarea vaporilor de apă care trebuie să aibă un stadiu de saturaţie avansat şi să conţină nucleele de condensare (sublimare). Condensarea şi sublimarea se realizează în natură prin:

- radiaţie (radiaţia nocturnă);
- convecţie şi mişcare ascendentă;

*Radiaţia solului î*n timpul nopţii produce răcirea aerului în urma căreia se va produce condensarea care va da norii cu plafon jos sau ceaţa.

Mişcările de convecţie pot fi termice (datorită încălzirii neuniforme a solului) sau dinamice (când aerul urcă pe panta unui munte sau când aerul rece în deplasare întâlneşte o masă de aer cald pe care îl sileşte să se ridice brusc).

9.1. Clasificarea norilor

a. *după componenţa particulelor* se clasifică în:
- nori de apă;
- nori de gheaţă (zăpadă);
- nori micşti.

b. *după geneză* se clasifică în:
- nori *stratificaţi* formaţi în condiţii de atmosferă stabilă (cum sunt: Ci, Cs, As, Ns, St), în cazul frontului cald sau condiţii anticiclonice;
- nori *ondulaţi* formaţi în condiţii de turbulenţă pe o anumită grosime (redusă) a atmosferei : Ci, As, St;
- nori *convectivi* formaţi prin convecţie termică sau dinamică (Cu, Cb).

c. *după înălţimea bazei* faţă de sol vom avea 3 etaje:
- *etajul inferior* cu baza între 0-2km: St, Ns, Sc, Cu, Cb. Norii Nimbostratus au baza în etajul inferior, iar masa predomină în etajul mijlociu. Norii Cumulus şi Cumulonimbus

(Cu şi Cb) au baza la nivelul inferior, dar vârfurile pot atinge nivelul mijlociu sau chiar superior;
- *etajul mijlociu* cu baza norilor între 2-5 km (Ac, As, Ns);
- *etajul superior* cu baza între 5-13 km (Ci, Cs, Cc);
d. *după forma* pe care o pot avea se clasifică în:
- nori sub *formă de val-strat continuu şi uniform* mai mult sau mai puţin dens;
- nori *fragmentaţi î*n: lamele, filamente, lespezi, grămăjoare.

9.2. Descrierea genurilor de nori

A. Cirrus (Ci) sunt nori separaţi cu aspect de filamente sau fibre albe şi subţiri, bezi transparente şi sunt formaţi din cristale albe de gheaţă;

B. Cirrocumulus (Cc) sunt nori sub formă de pături sau bancuri subţiri, dând cerului un aspect vălurit (nori sub formă de valuri, asemănători unei plaje cu nisip). Ei apar şi dispar rapid. Sunt transparenţi şi sunt formaţi din cristale fine de gheaţă.

C. Cirrostratus (Cs) au un aspect văluros, mult mai albicios şi pot ocupa parţial sau total bolta cerească, sunt constituiţi din cristale fine de gheaţă. Uneori sunt atât de subţiri încât pe cer trec aproape neobservaţi, dând acestuia un aspect alb-laptos. Generează fenomenul de *hallo* (un cerc sau un semicerc colorat în violet slab spre exterior şi roşu spre interior).

D. Altocumulus (Ac) sunt grupări de nori albi sau cenuşii cu aspect vălurit sau sub formă de rulouri, şiruri sau benzi de culoare albă până la cenuşiu deschis. Sunt constituiţi din picături de apă sau picături şi cristale fine de gheaţă. La răsăritul şi apusul soarelui se colorează în roşu aprins. Nu produc precipitaţii.

Fig. 9.20. Norii Cirrus

Fig. 9.21. Norii Cirrostratus

E. Altostratus (As) formează pânze albăstrii sau cenuşii cu aspect valurit, striat, fibros sau uniform, acoperind parţial sau total cerul. Sunt constituiţi din picături sau picături şi cristale fine de gheaţă. Produc rar precipitaţii slabe, care iarna ajung la sol sub formă de fulguială slabă, iar vara acestea se evaporă în atmosferă.

Fig. 9.22. Norii Altocumulus

Fig. 9.23. Norii Cirrocumulus

F. Nimbostratus (Ns) *apar sub formă de pânze în strat gros de nori cenuşii, sumbri, cu aspect vaporos*. Aceşti nori produc precipitaţii continue sub formă de ploaie sau ninsoare. Au baza la nivelul inferior iar partea superioară la peste 5-7 km. Datorită acestei grosimi, apa se găseşte aici în toate stările ei. Vizibilitatea în norii Ns este scăzută datorită picăturilor mari şi dense.

G. Stratocumulus (Sc) su*nt nori sub formă de pături sau bancuri (benzi) cenuşii sau albicioase cu aspect ondulat*. Ei se formează dimineaţa şi seara. Ziua se resorb. Din aceşti nori pot să cadă precipitaţii slabe sub formă de ploaie sau ninsori cu fulgi mici şi rari.

H. Stratus (St) *nori sub formă de pânză continuă, pături destul de dense* cu o bază uniformă şi joasă uneori atingând solul. Sunt constituiţi din picături fine de apă iar iarna pot fi formaţi din cristale fine de gheaţă. Dau precipitaţii sub formă de burniţă (ace de gheaţă).

Fig. 9.24. Norii Nimbostratus

Fig. 9.25. Norii Stratocumulus

I. Cumulus (Cu) sunt *nori cu un contur bine determinat asemănători unor grămăjoare de vată*. Au culoarea albă, cu partea superioară strălucitoare, iar baza sumbră. Se dezvoltă pe verticală sub formă de *domuri şi turnuri*. Norii Cu se dezvoltă în cursul zilei sub acţiunea curenţilor termici convectivi. De aceea, *norii Cu au o variaţie diurnă, apar dimineaţa, se dezvoltă în cursul zilei şi se resorb seara*. În cazul unei atmosfere instabile norii Cu se dezvoltă în continuare sub următoarele forme:

Fig. 9.26. Norii stratus

Fig. 9.27. Norii Cumulus congestus

- Cumulus *humulis* (Cu hum) sunt *nori de timp frumos, totdeauna albi şi subţiri, dispuşi în petece cu spaţii largi între ei*;

- Cumulus mediocris (Cu med) cu o dezvoltare mai mare pe verticală, albi strălucitori. Nu dau precipitaţii;

- Cumulus congestus (Cu con) cu o dezvoltare apreciabilă pe verticală, cu părţi albe şi cenuşii. Dau precipitaţii sub formă de averse;

J. Cumulonimbus (Cb) sunt nori denşi şi dezvoltaţi cu extindere mare pe verticală, cu forme de munte sau turnuri enorme. Baza şi mijlocul norului sunt întunecoase şi sumbre, vârful vizibil, fibros, sub formă de creneluri, nicovală. La latitudini medii vârful poate depăşi nivelul tropopauzei (12-15 km). Norii Cb dau averse de ploaie, lapoviţă, ninsoare sau grindină. În aceşti nori, apa se găseşte în cele trei stări de agregare: lichidă (picături de apă), vapori şi cristale de gheaţă. Aversele care cad din aceşti nori sunt însoţite de *fenomene orajoase* (descărcări electrice).

Norii Cb sunt foarte periculoşi zborului datorită tubulenţei şi a curenţilor ascendenţi-descendenţi foarte puternici (15-35 m/s).

Fig. 9.28. Norii Cumulonimbus

Fig. 9.29. Norii Altostratus

9.3. Nebulozitatea şi plafonul

Fracţiunea de cer acoperit de nori sau cantitatea de nori vizibili de la sol constituie *nebulozitatea*, care se determină de observator. Nebulozitatea se măsoară în optimi din suprafaţa cerului (ex: cer acoperit complet 8/8, cer partial acoperit 3/8, etc.). Nebulozitatea totală reprezintă fracţiunea de cer ocupată de toţi norii vizibili. Nebulozitatea parţială reprezintă fracţiunea ocupată de un gen de nori (ex: 3Ci, 2As, 7Cu, 8Cb, 8Ns).

Plafonul reprezintă înălţimea bazei norului la verticala locului. Se măsoară cu balonul, prin radiosonadaje, cu ceilometrul sau cu proiectorul de nori.

10. Precipitaţiile atmosferice

Prin *precipitaţie* se înţelege apa care cade din nori, indiferent de formă (starea sub care se prezintă). Precipitaţiile fac parte din hidrometeori.

Cauzele formării:

Vaporii de apă condensaţi sub formă de picături fine (având diametrul cuprins între 0,01 mm şi 0,05 mm) sau cristalele de gheaţă, de asemenea foarte fine, care intră în componenţa norilor, pentru a da naştere hidrometeorilor (mii de picături fine) se unesc şi, datorită greutăţii, cad pe pământ.

Ploaia este formată din picături de apă cu un diametru mai mare de 0,5 mm. Picăturile sunt dispersate şi au o viteză de cădere de 2-5 m/s. În mod obişnuit, ploaia cade din Nimbostratus, Stratus şi Stratocumulus.

Este periculoasă pentru aviaţie, întrucât micşorează vizibilitatea, înfundă conductele instrumentelor de bord, se depune pe aeronavă şi îngheaţă uneori.

Lapoviţa este o formă de precipitaţie formată dintr-un amestec de picături de ploaie şi fulgi de zapadă, care cade din norii Nimbostratus.

Zăpada (ninsoarea) este constituită din cristale ramificate, uneori sub formă de steluţe. Se produce din aceiaşi nori ca şi ploaia.

Burniţa este o formă lichidă de precipitaţie (picături mici şi dese de apă cu diametrul sub 0,5 mm). Poate să cadă din norii Stratus, Nimbostratus şi uneori din norii Stratocumulus. **Aceasta este periculoasă când îngheaţă deoarece formează polei.**

Măzărichea este formată din grăunţe de gheaţă cu diametrul de aproximativ 0,2-0,5 mm.

Grindina este constituită din particule sau bucăţi de gheaţă cu diametrul între 5-50 mm. Uneori poate fi sub formă de blocuri-plăci. Este produsă de norii Cumulonimbus (Cb). **Şi aceasta este foarte periculoasă pentru aviaţie.**

Aversa este o precipitaţie lichidă sau solidă (cade din Cb sau din Cu con) şi se caracterizează prin cantitatea mare de apă în timp mic.

Ca precipitaţii, se mai pot exemplifica: *pâcla, ceaţa, etc*.

11. Stările de echilibru ale atmosferei

Procesele fizice şi fenomenele meteo din atmosferă sunt în strânsă legătură cu stabilitatea atmosferei.

Atmosfera este *instabilă* atunci când mişcările verticale care se produc se propagă de la un nivel la altul (curenţii ascendenţi tind să-şi continue mişcarea impulsionaţi de o accelaraţie nouă).

Atmosfera este *stabilă* atunci când mişcările verticale produse la un moment dat, nu pot să se dezvolte şi deci încetează (curenţii ascendenţi formaţi în urma unui impuls oarecare se vor opri din mişcarea acensională).

Pentru a explica mai bine ce se întâmplă în cazul unei atmosfere stabile sau instabile, trebuie să arătăm că în cadrul radiosondajelor care se execută la anumite ore din zi se urmăreşte şi scăderea temperaturii cu înălţimea. Această scădere se trasează pe o diagramă aerologică. Totodată, trebuie specificat faptul că în interiorul unei mase de aer care urcă, scăderea de temperatură se realizează după gradientul adiabatic uscat (temperatura scade cu 1°C/100 m), iar după condensare, scăderea se produce după gradientul adiabatic saturat (temperatura scade cu 0,5°C/100 m).

Considerând o particulă de aer la nivelul solului în echilibru prin ridicare ea va suferi unele schimbări (scade temperatura). În funcţie de temperatura particulei şi a mediului vom întâlni următoarele situaţii:
- temperatura aerului înconjurător este mai mare decât temperatura particulei ridicate de la sol. În acest caz particula este antrenată într-o mişcare descendentă, revenind în poziţia iniţială. Este cazul *echilibrului stabil*;
- temperatura aerului înconjurător este mai mică decât temperatura particulei. În acest caz particula este antrenată într-o mişcare ascendnetă, tinzând să se depărteze de la poziţia iniţială de echilibru (nivelul solului). Este cazul *echilibrului instabil*;
- temperatura aerului înconjurător este egală cu temperatura particulei. În acest caz nefiind supusă unei forţe (diferenţa de presiune, respectiv temperatură), particula rămâne în echilibru la nivelul egalităţii temperaturii. Este cazul *echilibrului indiferent*.

În urma sondajului se determină gradientul termic vertical al mediului şi trasându-se pe o diagramă aerologică vom găsi următoarele situaţii:
- gradientul termic vertical real este mai mare decât gradientul adiabatic uscat (gradientul termic real se află la stânga adiabatei uscate); Este cazul *echilibrului instabil uscat*;
- gradientul termic vertical real este mai mic decât gradientul adiabatic saturat (gradientul termic real se află la dreapta adiabatei saturate); Este cazul *echilibrului stabil saturat*;

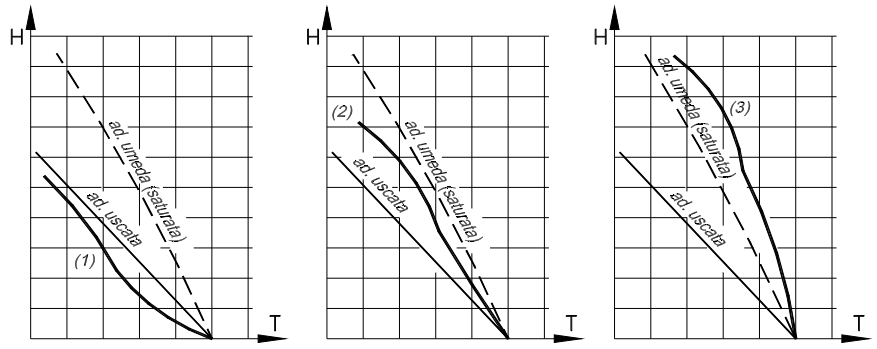


Fig. 11.30 Diagrame aerologice

- când gradientul termic vertical real este egal cu gradientul adiabatic uscat, echilibrul este *indiferent în aer uscat*.
- gradientul termic vertical real este mai mic decât gradientul adiabatic saturat (gradientul termic real se află la dreapta adiabatei saturate); Este cazul *echilibrului stabil saturat*;
- când gradientul termic vertical real este egal cu gradientul adiabatic uscat, echilibrul este *indiferent în aer uscat*.

12. Curenti verticali (ascendenţi şi descendenţi)

După cauzele care le determină se cunosc trei feluri de mişcări ascendente şi anume:

a. *Mişcări ascendente şi descendente convective*, datorate încălzirii neuniforme a pământului. În situaţia când insolaţia este puternică şi solul este omogen apar mişcări de convecţie.

Aceste mişcări se caracterizează prin faptul că *au o zonă centrală ascendentă, o zonă descendentă la exteriorul curentului* şi o zonă convergentă la baza descendenţei.

Curenţii ascendenţi se mai numesc şi *curenţi termici*. Aceştia se mai caracterizează şi prin faptul că în zona divergentă de la vârful mişcării iau naştere norii Cu de apă, datorită răcirii adiabatice a masei de aer ascendentă.

b. *Mişcările ascendente produse prin alunecare* apar atunci când masa de aer în deplasare este obligată să urce panta unui deal sau munte.

Se întâlnesc următoarele situaţii:

- o masă de aer cald urcă peste o masă de aer rece (front cald);
- o masă de aer rece în mişcare dislocă o masă de aer cald pe care o obligă să urce (frontul rece);
- o masă de aer urcă pe o pantă orografică, curentul ascendent încetează odată cu atingerea vârfului pantei.

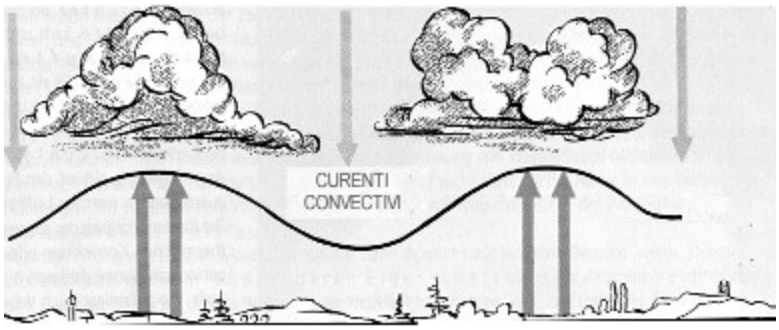


Fig. 12.31. Curenţi convectivi

Fig. 12.32. Curent ascendent prin alunecare

c. *Mişcări ascendente produse de turbulenţa dinamică*;

O masă de aer în mişcare urcă panta unui obstacol ajungând astfel deasupra stratului stabil de la sol. Datorită impulsului de mişcare şi datorită faptului că stratificarea atmosferei spre vârful obstacolului este instabilă, masa de aer continuă să urce dând naştere unui *curent ascendent termic*.

Masele de aer fiind rău conducătoare de căldură, în urcare se vor destinde în mod adiabatic (fără schimb de căldură cu exteriorul) datorită scăderii presiunii atmosferice şi din această cauză se vor răci.

Scăderea temperaturii în interiorul masei ascendente se produce după gradientul termic uscat până la *nivelul de condensare* şi apoi scăderea temperaturii, în interiorul norului, se produce după gradientul umed.

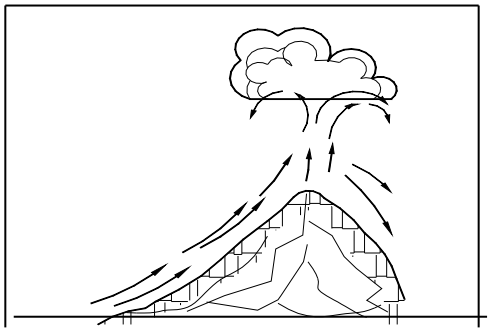


Fig. 12.33. Curentul ascendent termodinamic

12.1. Condiţiile de formare a ascendenţelor

Condiţiile de formare a ascendenţelor depind de starea de echilibru a atmoferei (vezi Fig. 12.34.)

După cum am văzut, *ascendenţele se pot forma numai în situaţia unei atmosfere instabile*, când un rezervor de aer cald (cu o diferenţă de 2-3°C faţă de mediul ambiant) primeşte un impuls şi începe să urce.

Scăderea temperaturii se produce urmărind adiabata uscată (iar după condensare, urmărind adiabata umedă) şi ascensiunea va continua până când particula de aer întâlneşte un strat stabil (inversiune sau izotermie). În acest moment, se spune că am atins *nivelul de echilibru*.

Dacă totuşi instabilitatea continuă şi în interiorul norului dezvoltarea acestuia se va face până la înălţimi mari.

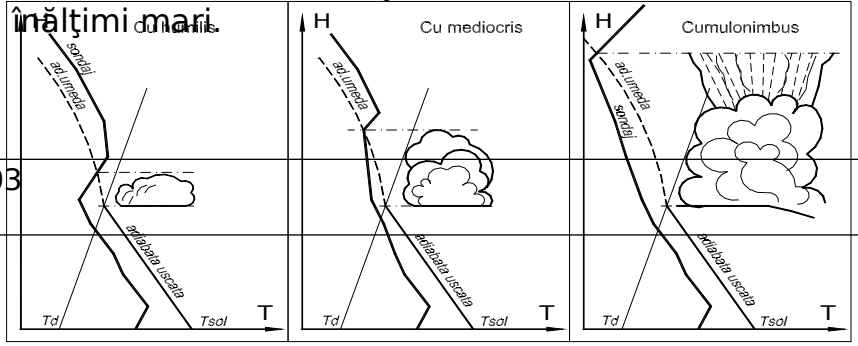


Fig. 12.34 Formarea curentului ascendent

12.2. Norii de formaţie verticală

Familia norilor de convecţie (de formaţie verticală) au baza în etajul inferior şi o extensie verticală, variabilă în funcţie de stratificarea atmosferei, care poate ajunge la limita inferioară a tropopauzei (nori cumulonimbus).

Norii de convecţie au, de obicei, conturul pronunţat şi baza orizontală. Ei se formează cel mai frecvent în anotimpul cald.

Norii convectivi sunt nori din familia Cumulus (Cumulus humilis, Cumulus mediocris, Cumulus congestus) şi Cumulonimbus.

În interiorul norului Cb apar curenţi ascendenţi şi descendenţi foarte puternici, care produc o *turbulenţă termică* (aceasta este maximă la o înălţime cuprinsă între 3-7 km), apa este în stare *suprarăcită* (atinge uneori -20 °C), dar se găsesc şi cristale de gheaţă.

Aceste picături de apă se unesc şi dau picăturile de ploaie, care pot atinge diametrul de 5 mm.

Datorită faptului că norul Cb conţine picături de apă şi în acelaşi timp şi cristale de gheaţă, aici se vor găsi şi sarcini electrice, distribuite de regulă astfel:
- cele pozitive la înălţimi unde temperatura este sub punctul de îngheţ;
- cele negative în centrul norului (în apropierea izotermei de 0°C);
- la baza norului se vor găsi zone locale cu sarcini pozitive.

Diferenţa de potenţial dintre aceste sarcini poate depăşi mii de volţi. Din cauza acestor diferenţe de potenţial iau naştere descărcări electrice (*fulgere*) între 2 nori, în interiorul aceluiaşi nor, sau *trăsnete* – descărcări electrice între un nor şi sol.

Nivelul de condensare este înălţimea la care cantitatea de vapori de apă devine saturată pentru temperatura corespunzătoare înălţimii respective.

Temperatura la care apare condensarea se numeşte temperatura punctului de rouă.

Nivelul de convecţie este înălţimea la care poate să ajungă un curent ascendent în urcare.

13. Fronturile atmosferice

Atmosfera, după câte s-a văzut, nu este omogenă fiind împărţită în mase de aer calde sau reci.

De la o masă de aer la alta se trece printr-o zonă de tranziţie lentă şi continuă. Alteori, când aceste mase nu s-au amestecat în zona lor de contact, trecerea este bruscă. În acest caz, *regiunea care separă cele 2 mase de aer este subţire şi poate fi considerată ca o suprafaţă de contact numită şi suprafaţă frontală*.

Această suprafaţă frontală nu este verticală, ci prezintă o înclinare din cauza aerului mai cald care, fiind mai uşor, urcă peste aerul rece, mai greu. *Linia, sau banda de la sol aflată la intersecţia suprafeţei frontale cu suprafaţa solului se numeşte linia frontului*.

13.1. Frontul cald

Este frontul în lungul căruia aerul cald în deplasare înlocuieşte aerul rece.

Suprafaţa frontală dintre cele 2 mase de aer are o pantă de ordinul 1/200-1/1000.

Apropierea frontului cald este marcată în primul rând de apariţia pe cer a sistemelor noroase care sunt dispuse în următoarea succesiune: Ci, Cs, As, Ns. Fronturile calde apar cu precădere în zonele depresionare.

Dacă *ciclonul* este în destrămare, atunci pe cer predomină nori Ac.

Din norii As, Ns, Ac, cad, de regulă, precipitaţii continue, banda acestora întinzându-se între 80-300 km.

Temperatura în urma frontului este cu cel putin 2°C mai ridicată decât în faţa frontului.

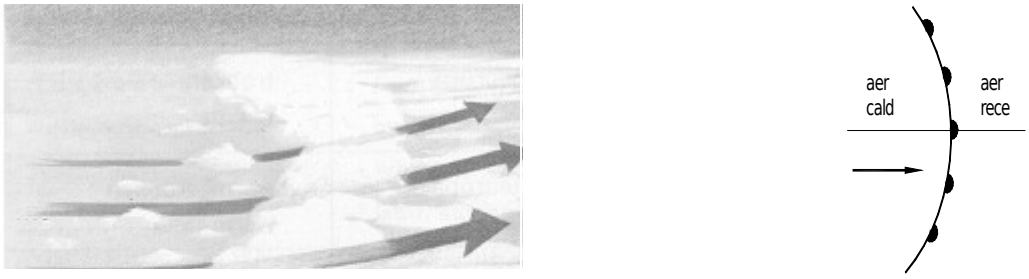


Fig. 13.35. Frontul cald

Presiunea suferă o scădere înaintea frontului şi o scădere uşoară sau staţionară în urma frontului.

Vântul suflă în faţa frontului din sectorul SSV, iar după trecerea frontului, suflă din W.

Fronturile calde sunt însemnate pe hărţile sinoptice cu culoare roşie sau cu linii negre cu semicercuri trasate pe partea de înaintare a frontului. În timpul iernii, în faţa frontului cald, pe o lăţime de 150-200 km, va apărea *ceaţa*.

13.2. Frontul rece

Este frontul în lungul căruia aerul rece în deplasare înlocuieşte aerul cald. Panta suprafeţei frontale dintre cele 2 mase de aer este de ordinul 1/10-1/200.

Pe hărţile sinoptice, fronturile reci sunt trasate cu culoarea albastră sau cu linii negre având triunghiuri pe partea înspre care se deplasează linia frontului.

Frontul este însoţit uneori de sisteme noroase stabile, dar cel mai frecvent de sisteme noroase instabile cum ar fi : Cc, Ac, Cu, Cu con, Cb.

După tipul sistemului noros precipitaţiile pot fi continue când aerul din faţă este stabil şi cel mai frecvent sub formă de averse când aerul este instabil.

Banda de precipitaţii este de cca. 70 km.

Temperaturile sunt ridicate în faţa frontului şi mai scăzute în spatele frontului cu cel putin 4-5°C.

Presiunea înaintea frontului pezintă o scădere (sau cel mult staţionează), iar după trecerea frontului creşte mult.

Vântul: înaintea frontului suflă din W, iar după trecerea lui suflă din NW, intensificându-se. Când frontul este însoţit de nori Cb, se înregistrează vânt în rafale.

Umezeala relativă creşte la maximum în momentul trecerii frontului şi scade în spatele lui.

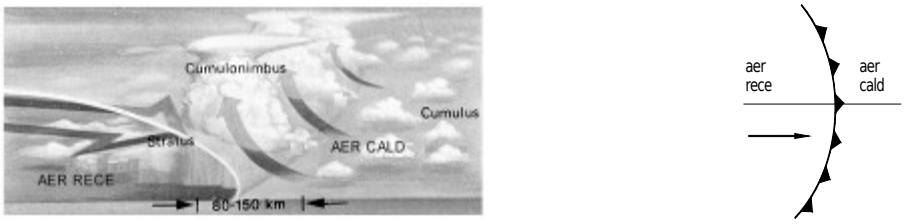


Fig. 13.36. Frontul rece

13.3. Frontul oclus

Datorită *vitezei de deplasare diferită a fronturilor* amintite mai sus (frontul rece se deplasează cu viteză mult mai mare faţă de frontul cald), în partea centrală sau mai des î*n sectorul posterior depresiunii, frontul rece se va uni cu cel cald*.

Din această joncţiune va lua naştere frontul oclus în care aerul cald existent între cele două fronturi principale va fi aruncat în altitudine, iar la sol se va produce contopirea celor două mase de aer rece (din faţa frontului cald şi din spatele frontului rece).

Dacă aerul din faţa frontului cald este mai rece decât cel din spatele frontului va lua naştere *frontul oclus cu caracter de front cald* (vezi Fig. 13.37.), caracterizat prin prezenţa norilor stratiformi şi cumuliformi care acoperă cerul pe vaste întinderi şi dau precipitaţii de lungă durată care au şi caracter de ploi torenţiale.

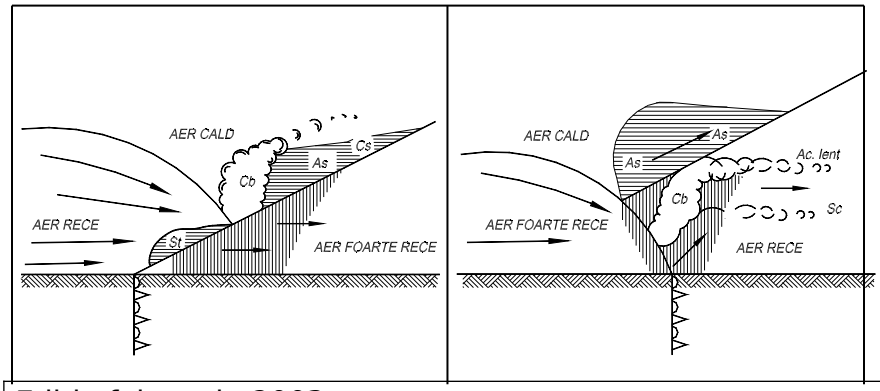


Fig. 13.37 Frontul oclus cald Fig. 13.38. Frontul oclus rece

După trecerea acestui front cerul rămâne noros cu nori stratocumulus, iar temperatura staţionară.

Dacă aerul din faţa frontului cald este mai cald decât aerul din spatele frontului rece va lua naştere *frontul oclus cu caracter de front rece* (vezi Fig. 13.38.). Şi în acest caz nebulozitatea este mare, dar pe lângă norii stratiformi apar norii Cb care urcă până la 5000-6000m, determinând precipitaţii abundente deseori cu caracter de averse.

După trecerea frontului cerul devine variabil, cu înseninări accentuate, iar temperatura scade.

Frontul oclus cu caracter neutru este frontul care se produce mai rar şi numai în cazul când aerul rece anterior şi cel posterior au aceeaşi temperatură.

Aceste fronturi au o durată mult mai mică.

Fronturile ocluse apar pe harta sinoptică colorate în violet sau prin linii negre cu semicercuri şi triunghiuri spre partea în care se deplasează.

14. Informarea meteorologică

Planoriştii sunt foarte interesaţi să ştie ce condiţii meteo vor avea în ziua respectivă încă de dimineaţă. Acest lucru îl vor afla atât din observaţiile directe cât şi din buletinele meteo pe care le vor obţine de la televiziune, radio sau de la staţiile meteo din reţeaua meteorologică naţională.

Schimbările de timp le vom observa în mod direct după aspectul cerului, tipul de nori prezenţi, direcţia şi intensitatea vântului, modificările de temperatură, presiune şi umezeală. Totodată toate fiinţele ne vor furniza informaţii privind schimbările de timp, ştiind că acestea sunt sensibile la aceste modificări.

Astfel:

- oamenii bolnavi de reumatism vor avea de suportat dureri la încheieturi când se apropie ploaia (scade presiunea şi creşte umezeala);
- musculiţele şi ţânţarii vor căuta să intre în casă când se apropie ploaia;
- albinele când simt apropierea ploii se vor agita în jurul orificiilor de intrare în stup;
- furnicile se întorc grăbite la furnicar, intră înăuntru şi blochează intrarea;
- când rândunelele zboară aprope de pământ înseamnă că ploaia va veni în curând (acest lucru se întâmplă datorită faptului că atunci când creşte umezeala, aripile musculiţelor cu care se hrănesc se umezesc, zborul lor devine greoi şi rândunelele le vor vâna în apropierea solului);
- vara, când observăm că vrăbiile sau turturlele se scaldă în praf ştim că se apropie ploaia (umezeala pătrunde între pene şi le îngreunează zborul, fapt care le determină să se arunce în praf pentru a-şi usca penele);
- la sate animalele se întorc singure de la păşunat pentru a se adăposti când se strică timpul.

Întrucât planoriştii depind zilnic de această condiţie meteorologică este necesar să ştie cum să interpreteze un buletin meteo sau alte informaţii de specialitate.

Totuşi înainte de a prezenta cele mai cunoscute buletine meteo utlizate în aviaţie vom prezenta câteva fenomene care ne anunţă cum va fi vremea în intervalul de timp ce urmează:

- norii Cirrus (Ci) când apar ne arată că timpul se va înrăutăţi şi funcţie de viteza cu care acoperă cerul, ploaia sau ninsoarea se va instala după 1-3 zile;
- când se înseninează seara după o zi în care cerul a fost acoperit, a doua zi va ploua mai mult ca sigur;
- când vântul suflă relativ liniştit, iar deodată îşi sporeşte puterea şi îşi schimbă direcţia este semn de apropiere a unei depresiuni, deci ploaia va veni în curând;
- după o perioadă mai lungă sau mai scurtă de secetă, dacă dimineaţa şi seara se asează roua, atunci va ploua (a crescut umezeala aerului);
- dacă observăm umezirea sării din solniţă sau ascultând emisiunile radiofonice suntem deranjaţi de radioparaziţii produşi prin descărcările electrice din atmosferă, nu suntem departe de o ploaie violentă de multe ori cu caracter de aversă;
- când observăm ziua în jurul soarelui sau seara în jurul lunii fenomenele de *coroană* sau *hallo* sub forma unor cercuri, în cel mult 2 zile va ploua sau va ninge.

Ameliorarea vremii o vom observa după următoarele semne:

- dacă răsăritul soarelui se produce pe un cer portocaliu, ziua va fi frumos;
- când vântul împrăştie norii care au produs o ploaie puternică vor urma zile senine şi frumoase;
- apariţia curcubeului după ploaie reprezintă un semn de îndreptare a vremii.

Pentru informarea meteorologică în aviaţie se folosesc următorele mesaje:

a. METAR;
b. SPECI;
c. meteoare sinoptice;
d. prevederi de zonă;
e. emisiunea VOLMET;
f. buletinul meteo de zbor;
g. mesajul TAF;

a. **METAR**-ul reprezintă mesaj de observaţie meteorologică regulată pentru aviaţie (cu sau fără prognoză de tendinţă) în limbaj clar abreviat. El se emite oral de către staţiile meteo aflate pe aerodromuri şi cuprinde date reale privind situaţia meteo observată în zona de aerodrom. Decodificarea acestui mesaj va fi prezentată în încheierea capitolului.

b. **SPECI** este mesaj selecţionat de observaţie meteorologică specială pentru aviaţie (cu sau fară prognoză de tendinţă), în limbaj clar abreviat, care se emite ori de câte ori se constată producerea, apariţia sau ameliorarea unor fenomene periculoase zborului.

c. **Meteoarele sinoptice** (vizuale) se emit la intervale de 3 ore de către staţiile sinoptice teritoriale şi cuprind date reale privind situaţia meteo observată în jurul staţiei.

d. **Prevederile** de zonă se emit în clar de către centrele meteo aeronautice, la intervale de 3 ore şi conţin informaţii cu privire la situaţia meteo în zonă, precum şi informaţii cu privire la modificările de timp ce pot surveni în cele 3 ore.

e. **Emisiunea Volmet** poate fi recepţionată pe frecvenţa de 126,8 MHz fiind transmisă în clar de către centrul meteo Otopeni.

f. **Buletinul de zbor** se întocmeşte la cererea pilotului înainte de plecarea în zbor pe ruta care o doreşte. Acest buletin face parte din documentele obligatorii la bordul aeronavei şi cuprinde atât date reale privind situaţia meteo pe ruta de deplasare, cât şi date privind evoluţia vremii pe rută.

g. **Mesajul TAF**, asemănător cu mesajul METAR, este emis de staţiile meteo de aeroport şi cuprinde informaţii privind evoluţia condiţiei meteo pe un interval de timp de 9 ore. Mesajul TAF se transmite ca şi mesajul METAR în limbaj clar abreviat, folosind acelaşi cod, cu diferenţa că la mesajul TAF se specifică între ce ore este valabil, în timp ce pentru mesajul METAR se specifică ora la care s-a efectuat observaţia meteo (citirea datelor).

14.1. Mesajul METAR (**Meteorologică** l **A**erodrome **R**eport)

lrop 181015 24003MPS 9999 BKN030 27/22 Q1017 NOSIG

În continuare prezentăm descifrarea mesajului METAR prezentat mai sus:

Prima grupă (lrop) reprezintă codul staţiei de aerodrom (aeroport) care l-a emis (lrop: l reprezintă Europa; r reprezintă România şi op este aeroportul Otopeni).

Grupa a doua indică ziua, ora şi minutul când a fost efectuată observaţia meteorologică.

În exemplul prezentat, ziua este 18, ora este 10 şi minutul este 15.

Grupa a treia (24003) reprezintă codificarea direcţiei şi intensităţii vântului. Primele trei cifre indică direcţia magnetică a vântului (din 10^0 în 10^0), iar ultimele două intensitatea vântului în m/s.

În exemplul prezentat vântul suflă din 240^0 cu 3m/s.

Grupa a patra se referă la vizibilitatea orizontală pe aerodrom. Este codificată cu 4 cifre şi ne dă direct valoarea vizibilităţii în metri. (Exemplu: 7500 reprezintă o vizibilitate de 7500 de metri).

În exempul prezentat grupa 9999 este codificarea vizibilităţilor mai mari de 10 km.

Grupa a cincea codifică *nebulozitatea (gradul de acoperire cu nori),* tipul norilor şi plafonul (baza) acestora. Nebulozitatea poate avea următoarele coduri:

FEW	1-2/8
SCT	3-4/8
BKN	5-7/8
OVC	8/8

În exempul nostru avem o acoperire de 5/8 cu nori alţii decât CB sau Cu congestus (TCU).

Ultimile trei cifre ale grupei indică înălţimea bazei în *picioare* (feet).

În situaţia prezentată, norii se află la o înălţime de 900m.

În grupa a şasea ni se dau indicaţii privind temperatura aerului la pragul pistei şi temperatura punctului de rouă.

În exemplul prezentat, temperatura aerului este de 27°C, iar cea a punctului de rouă, de 22^0C.

Grupa a şaptea ne dă presiunea QNH (vezi Cap.Navigaţie) în hPa.

Ultima grupă ne avertizează despre evoluţia situaţiei meteo la aerodrom.

În exemplul nostru, *NOSIG* înseamnă că nu se prevăd modificări ale situaţiei meteo pentru următorul interval (NO SIGnificant).

Deoarece o decodificare completă (pentru toate variantele posibile) a unui mesaj METAR necesită cunoştinţe care depăşesc nivelul de pregătire urmărit în această lucrare, considerăm suficiente informaţiile prezentate.

Pentru mai multe informaţii vă rugăm să vă adresaţi serviciilor meteo şi/sau trafic aerian, ***obligaţia acestor servicii fiind de a decodifica şi transmite acest mesaj în clar piloţilor.***

CAPITOLUL III
NAVIGAŢIE AERIANĂ

1. Generalităţi

Navigaţia aeriană este ştiinţa care se ocupă cu metodele şi practicile cele mai eficiente pentru asigurarea deplasării aeronavelor în spaţiul aerian în deplină siguranţă a zborului.

Pentru a se realiza deplasarea este necesară menţinerea aeronavei pe traiectul obligat şi cunoaşterea permanentă a poziţiei acesteia în spaţiu, coordonate, direcţie de zbor, viteză, înălţime şi timp calculat între repere obligate.

În funcţie de felul zborului, a distanţei, vitezei, înălţimii, a condiţiilor meteo se foloseşte una (sau mai multe) din metodele:

- metoda *navigaţiei observate* constă în determinarea poziţiei aeronavei comparând reperele de pe sol cu semnele convenţionale de pe hartă;
- metoda *navigaţiei estimate* constă în determinarea poziţiei aeronavei după diferite instrumente de la bord, efectuând unele calcule;
- metoda *navigaţiei radioelectrice* constă în determinarea poziţiei aeronavei folosind mijloacele electronice ale aeronavei şi/sau mijloace externe acesteia (amplasate pe sol sau sateliţi);
- metoda *navigaţiei astronomice* constă în determinarea poziţiei aeronavei după aştrii de pe bolta cerească cu ajutorul unor instrumente optice (de la bordul aeronavei);
- metoda *navigaţiei inerţiale* constă în determinarea poziţiei aeronavei (şi a tuturor celorlalte elemente de zbor) plecând de la principiul determinării acceleraţiei ce ia naştere pe cele 3 axe ale aeronavei;
- metoda *navigaţiei izobarice* constă în determinarea poziţiei aeronavei plecând de la diferenţa indicaţiilor de înălţime citite la altimetrul barometric şi radioelectric.

Aviaţia sportivă foloseste o metodă combinată şi anume metoda observată împreună cu cea estimată.

1.1. Globul pamântesc

Globul pământesc are o formă complexă determinată de existenţa munţilor şi văilor. Această formă se numeşte *geoid şi* se apropie de aceea a unui elipsoid obţinut prin rotirea unei elipse în jurul axei mici.

Dimensiunile pământului sunt următoarele:

- semiaxa mare = 6378,245 km

- semiaxa mică = 6356,86 km
- turtirea = (a-b)/b = 1/299
- volumul = 1082841315400 km^3
- suprafaţa = 510100800 Km^2 din care 29,4 % il reprezintă uscatul.

2. Noţiuni geografice

Punctele şi liniile de pe suprafaţa pământului reprezintă elemente de referinţă necesare efectuării calculelor de navigaţie.

Acestea se clasifică din două puncte de vedere :

- din punct de vedere geografic;
- din punct de vedere al navigaţiei aeriene.

Din punct de vedere geografic:

- *axa terestră*; este axa imaginară în jurul căreia se învârteşte pământul;
- *polii tereştrii (geografici)* sunt determinaţi de intersecţia axei terestre cu suprafaţa pământului.

Locul din care mişcarea pământului apare inversă acelor de ceasornic se numeşte *Polul nord.* Opus lui *este Polul sud.*

- intersecţia suprafeţei pământului cu un plan perpendicular pe axa terestră şi care trece prin centrul pământului este un *cerc mare*. Circumferinţa acestui cerc mare se numeşte *ecuator*.

Ecuatorul împarte pământul în 2 *emisfere:* una nordică numită şi boreală şi o alta sudică numită australă.

- orice fel de cerc obţinut prin intersecţia pământului cu un plan ce nu trece prin centrul acestuia se numeşte *Cerc mic.*
- *Cercul mare* care se obţine prin intersecţia unui plan care conţine şi axa terestră se numeşte *Cerc meridian*. Semicercul mare ce trece prin punctul sau localitatea intersectată se numeşte *meridian geografic* iar semicercul mare opus acestuia se numeşte *antimeridian*.

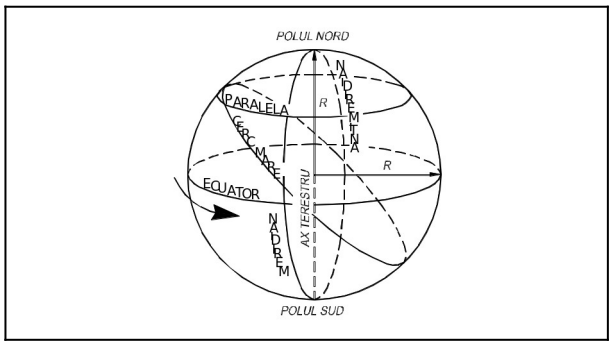


Fig. 2.1. Puncte şi linii pe glob

- ca origine a unor masurători în navigaţia aeriană se foloseşte *Meridianul "0" (Meridianul Greenwich).*
- cercurile mici de pe suprafaţa terestră paralele cu ecuatorul poartă denumirea de *cercuri paralele* sau *Paralele.*
- meridianele sunt numerotate începând de la primul (Greenwich) spre est de la 0° la 180° şi spre vest de la 0° la -180°.
- paralelele sunt notate în raport cu ecuatorul de la 0° la 90° N şi de la 0° la 90° S.

În felul acesta orice punct de pe suprafaţa pământului poate fi determinat ca fiind intersecţia unei paralele cu un meridian.

Din punct de vedere al navigaţiei aeriene:

- de la aerodromul de plecare şi până la cel de destinaţie o aeronavă se deplasează de-a lungul unui *itinerar, traiect sau rută.*
- punctul de la aerodromul de plecare sau de lângă acesta (origine a măsurătorilor şi calculelor) se numeşte *Punct Iniţial al Traiectului (P.I.T.)*
- punctul de la aerodromul de destinaţie sau lângă acesta (punctul final al măsurătorilor) se numeşte *Punct Final al Traiectului (P.F.T.).*
- linia ce marchează traiectul între P.I.T. şi P.F.T. şi de-a lungul căreia trebuie să se deplaseze aeronava se numeşte *Linia Drumului Obligat (L.D.O.).*
- linia care marchează traiectul de-a lungul căruia se deplasează în mod real o aeronavă se numeşte *Linia Drumului Real (L.D.R.).*
- unghiul format între aceste 2 linii se numeşte *Abatere Laterală Unghiulară (A.L.U.).*
- lungimea perpendicularei la LDO dusă de la o aeronavă ce se află pe LDR se numeşte *Abatere Laterală Liniară (A.L.L.).*
- punctul în care traiectul îşi schimbă direcţia poartă denumirea de *Punct de Schimbare de Traiect (P.S.T.)*, iar segmentele traiectului se numesc *Tronsoane.*

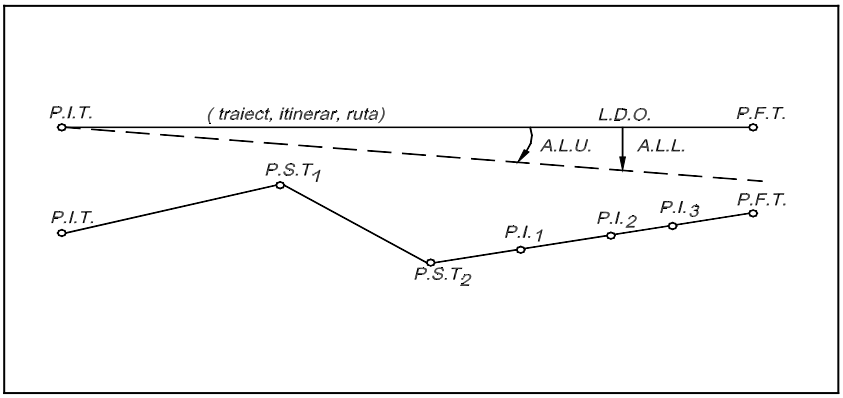


Fig. 2.2. Puncte şi linii de navigaţie

2.1. Coordonate geografice şi coordonate aeriene

Coordonatele geografice reprezintă o metodă de determinare a poziţiei aeronavei faţă de suprafaţa terestră sau a unui reper de pe sol, necesar navigaţiei aeriene.

Originea masurătorilor este planul meridianului Greenwich şi planul ecuatorului.

Coordonatele geografice se exprimă în *grade, minute şi secunde sexagesimale de Latitudine şi Longitudine.*

Longitudinea unui punct oarecare pe suprafaţa terestră este unghiul format între planul meridianului prim (Greenwich) şi planul meridianului ce trece prin punctul considerat, numit şi meridianul locului.

Latitudinea unui punct oarecare pe suprafaţa terestră este unghiul format între planul ecuatorului şi verticala punctului considerat, adică direcţia acestuia spre centrul pământului.

Coordonatele geografice ale unui punct oarecare sunt:
47°20'00" N
27°37'00" E

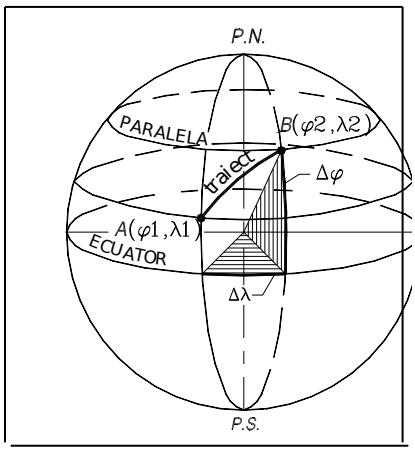


Fig. 2.3. Coordonate geografice

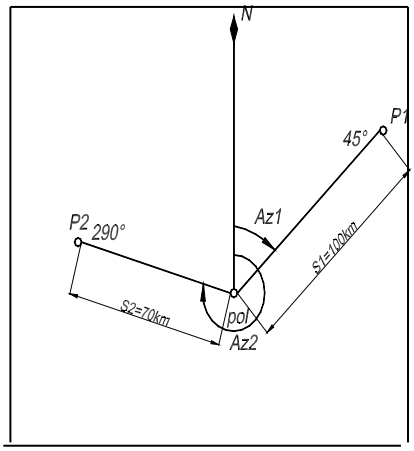


Fig. 2.4. Coordonate polare

Coordonate aeriene sunt***:***

- coordonate polare ;
- coordonate rectangulare;

a. *Coordonatele polare* determină poziţia aeronavei sau a unui reper pe suprafaţa terestră prin *azimut şi* distanţa faţă de un punct de referinţă numit arbitrar *pol*. (vezi fig. 2.4.)

Prin *azimut* (Az) se înteţege unghiul dintre direcţia nord şi direcţia către un punct considerat. Coordonatele polare se utilizează în tehnica operaţională radar şi în sistemele de navigaţie: VOR/DMR, VOR/TAC şi TACAN. Azimutul, care în navigaţia

aeriană poate fi un *relevment,* se exprimă în grade sexagesimale, iar distanţa de la punctul de referinţa la pol, în *km* sau *mile marine*. Relevmentul se defineşte ca fiind unghiul (măsurat în sens orar şi în grade sexagesimale) format între direcţia Nord magnetic şi direcţia ortodromică aeronavă/staţie sau staţie/aeronavă.

b. *Coordonatele rectangulare* determină poziţia unei aeronave pe suprafaţa terestră exprimată în distanţe liniare, (măsurate în km sau mile marine), pe 2 axe de coordonate perpendiculare între ele, X şi Y. Punctul de intersecţie al celor două axe reprezintă *originea măsuratorilor* şi de regulă se amplasează în punctul iniţial al traiectului. Calculatorul de navigaţie al avioanelor IL-62 şi TU-154 foloseşte sistemul de coordonate rectangulare (vezi fig. 2.5.).

2.2. Baza măsurării timpului

La baza măsurării timpului stau cele două mişcări ale pământului (rotaţie şi revoluţie).

Rotirea pământului în jurul soarelui se efectuează în 365,242 zile cu o viteză de aproximativ 30 km/sec. şi se numeşte *mişcare de revoluţie anuală*.

Axa pământului este înclinată faţă de planul *elipticei* cu un unghi de 66°33', iar mişcarea pământului în jurul axei sale se realizează în 23 ore 56 min. 04 sec.,şi se efectuează de la V la E cu o viteză de 1669 km/oră la ecuator şi se numeşte *mişcare de rotaţie*.

Unitatea de timp ce corespunde unei rotaţii de 360º in jurul axei terestre se numeşte zi. În navigaţie se foloseşte *ziua solară medie* care are o durată de 24 ore 04 sec. Începutul zilei solare medii are loc la 12 noaptea (ora 00.00). Timpul se notează de obicei cu **T**.

Ora calculată pentru primul meridian poartă denumirea de ora Greenwich, ora internaţională sau timp universal (GMT sau UT).

Datorită faptului că razele soarelui sunt paralele cu planul elipticei, suprafaţa pământului luminată de soare este înclinată în raport cu axa polilor cu 23°30'. Din această cauză localităţile amplasate în lungul aceluiaşi meridian nu sunt luminate deodată la aceeaşi oră (vezi Fig. 2.6).

În emisfera de nord, în timpul verii, localităţile situate pe acelaşi meridian la latitudini mai mari vor beneficia de lumina soarelui mai mult timp decât cele situate la latitudini mai mici (vezi fig. 2.6.).

Ora răsăritului pentru localităţile de pe un meridian situate la latitudini mai la nord va fi mai devreme faţă de localităţile situate mai la sud. La fel şi ora apusului soarelui pentru localităţile situate mai la nord va fi mai târzie faţă de localităţile situate mai la sud, pe acelaşi meridian.

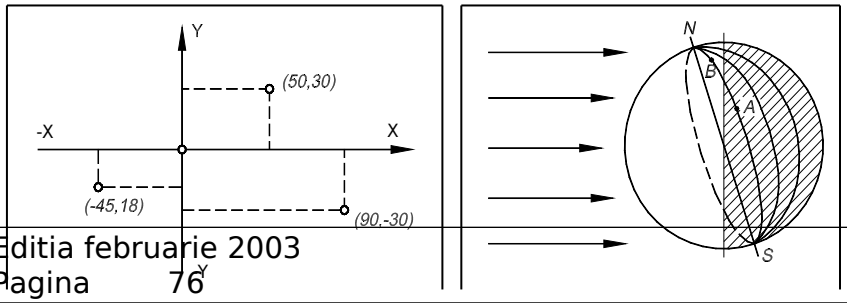


Fig. 2.5. Coordonate rectangulare

Fig. 2.6. Răsăritul soarelui

2.3. Exprimarea longitudinii în unitaţi de timp

La o rotire de 24 ore corespund 360° longitudine.
La o rotire de o oră corespund 15° longitudine (360°:24 ore)
Un minut de timp va avea 15" longitudine (15x60)/60.
Deci: 1 oră = 15° longitudine .
1 min.= 15'longitudine.
1 sec.= 15"longitudine.
În mod similar vom obţine:
1°longitudine = (1 ora x 60)/ 15 = 4 min de timp
1'longitudine = (4 min x 60)/ 60 = 4 sec de timp
1"longitudine = 4 sec / 60 = 1 / 15 sec de timp

2.4. Fusele orare

Fusele orare reprezintă o împărţire a pământului în fişii (în număr de 24 corespondente celor 24 ore ale zilei).

Fusele orare sunt numerotate de la 0 la 12, iar "Fusul 0" se întinde de la 7°30'E la 7°30'W.

Fiecare fus orar se întinde pe un arc de 15° longitudine. (1° long. măsurat pe ecuator = 1 NM = 1852 m.)

3. Liniile de poziţie ale aeronavei

Determinarea poziţiei aeronavei în raport cu suprafaţa pământului se realizează cu ajutorul unui sistem de coordonate geografice, polare sau rectangulare. În practica navigaţiei aeriene este necesar să se determine elementele deplasării aeronavei pe baza succesiunii coordonatelor aeronavei. În mod obişnuit aceasta se realizează prin determinarea a 2 linii (puncte de poziţie succesive).

Linia de poziţie este locul geometric al tuturor punctelor care pot reprezenta poziţia aeronavei pe suprafaţa pământului.

3.1. Loxodroma este linia de poziţie care intersectează meridianele sub acelaşi unghi (vezi Fig. 3.7.).

Loxodroma este linia care trece prin punctul de plecare PIT şi punctul de sosire PFT al drumului aerian şi taie toate meridianele sub un unghi constant.

Din punct de vedere geometric, loxodroma, prelungită dincolo de capetele drumului apare ca o spirală care se apropie tot mai mult de poli dar fără să-i atingă. De la această regulă fac excepţie paralelele, meridianele şi ecuatorul.

Navigaţia aeriană care foloseşte compasul de la bord se efectuează pe loxodromă. Navigaţia este uşoară şi convenabilă pe distanţe scurte (sub 1000 Km), deoarece până la această distanţă erorile în lungime sunt mici.

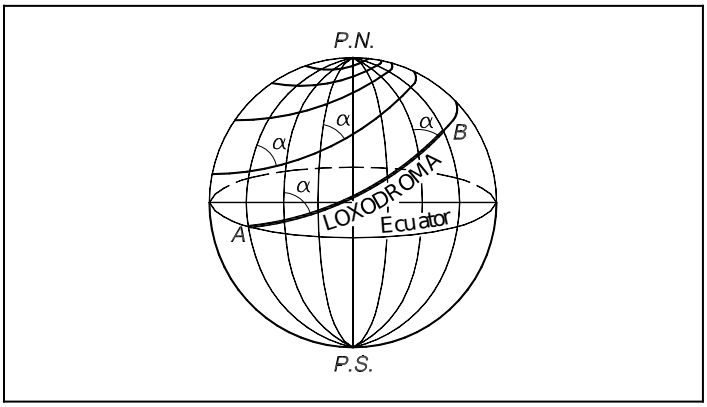


Fig. 3.7. Loxodroma

3.2. Ortodroma este arcul mic din cercul mare care trece prin punctul de plecare PIT şi cel de sosire PFT al unui traiect de pe suprafaţa pământului (vezi Fig. 3.8.).

Ortodroma reprezintă cel mai scurt drum aerian în spaţiu între 2 puncte. Ortodroma se foloseşte de obicei la zboruri pe distanţe mari (peste 1000 km), în cadrul navigaţiei radioelectrice (unde pe sol sunt amplasate mijloace radioelectrice dispuse pe ortodromă). Astfel în cadrul unui zbor între Roma şi New York, dacă se merge pe loxodromă, vom trece prin: Ankara, Krasnovodsk, Pekin şi măsoară peste 12.300 km, în timp ce zburând pe ortodromă vom trece prin: Leipzig, Leningrad, Long Eniseisk, Blagowescensk şi măsoară aproximativ 10.500 km.

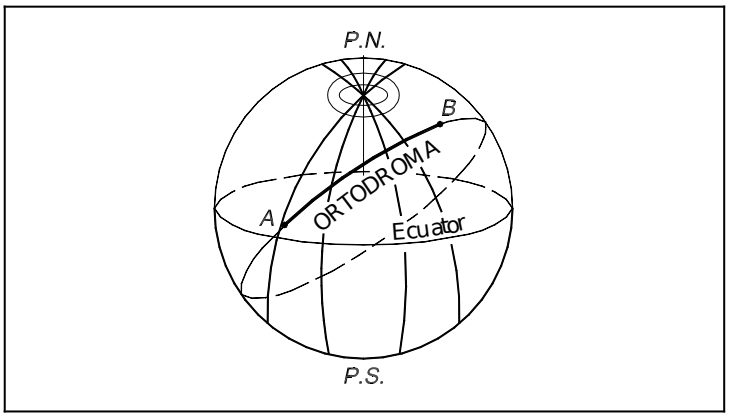


Fig. 3.8. Ortodroma

4. Proiecţii cartografice

Proiecţiile cartografice reprezintă nişte procedee matematice de transpunere a suprafeţei terestre, fie pe o suprafaţă plană, fie pe o suprafaţă desfăşurabilă (care poate fi suprafaţa unui cilindru sau a unui con), în vederea obţinerii hărţilor.

Caracteristicile unei proiecţii cartografice sunt:
- să indice corect unghiurile (să fie *conforme*);
- să păstreze proporţionalitatea distanţelor (să fie *echidistante*);
- să prezinte forma adevarată a terenului (să fie *echivalente*).
- ortodroma şi loxodroma, principalele linii de poziţie să apară ca linii drepte.
- meridianele şi paralelele să fie linii drepte.

Deoarece nici o proiecţie cartografică nu poate îndeplini aceste condiţii simultan, se caută să se respecte *condiţia principală pentru navigaţia aeriană şi anume să se respecte unghiurile*.

4.1. Elementele unei proiecţii

Elementele unei proiecţii sunt:
- *centrul de vedere*, adică punctul din care se execută proiecţia;
- *razele de proiecţie*, adică razele imaginare care pleacă din centrul de vedere, străbat suprafaţa de proiectat (a pământului) şi se proiectează pe suprafaţa de proiecţie;
- *suprafaţa de proiecţie*, adică planul pe care razele de proiecţie proiectează (dau imaginea) suprafaţa pământului.

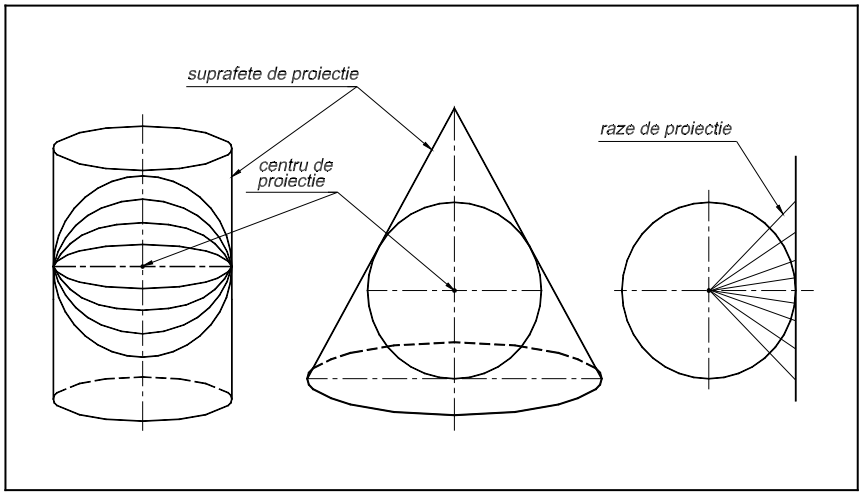


Fig. 4.9. Elementele proiecţiilor cartografice

4.2. Clasificarea proiecţiilor cartografice

Proiecţiile cartografice se clasifică după 3 criterii :

a. după felul deformărilor;
b. după suprafaţa de proiecţie;
c. după poziţia punctului de vedere;
a. după felul deformărilor:

- *proiecţii conforme*, care păstrează egalitatea unghiurilor de pe suprafaţa pământului;
- *proiecţii echidistante*, care păstrează o corectă proporţionalitate a distanţelor;
- *proiecţii echivalente*, care păstrează proporţionalitatea şi forma suprafeţelor.

b. după suprafaţa de proiecţie:

- după forma suprafeţei:
  cilindrică;
  conică şi policonică;
  azimutală.
- după dispunerea faţă de suprafaţa pământului:
  tangente;
  secante.
- după poziţie:
  normale (în prelungirea axei pământului);
  transversale (perpendiculare pe axa pământului);
  oblice (în altă poziţie faţă de pământ). (Vezi Fig. 4.9.).

c. după amplasarea punctului de vedere:

- *centrale*, când punctul de vedere este amplasat în centrul pământului;
- *stereografice*, când punctul de vedere este amplasat undeva în spaţiu;
- *ortografice*, când punctul de vedere este amplasat la infinit.

4.3 Proiecţia conică normală

Proiecţia conică normală se obţine prin proiectarea elipsoidului terestru pe un con tangent având înălţimea în prelungirea axei terestre.

Faţă de proiecţia tangentă, proiecţia conică secantă (*proiecţia conică conformă Lambert*), are o zonă mai mare în care deformările sunt mici. *Această proiecţie este larg utilizată la întocmirea hărţilor de navigaţie* (ex: harta de navigaţie a lumii).

Aceste hărţi păstrează o singură scară când paralele standard (paralelele secante) sunt distanţate până la 10° -15° latitudine.

Proiecţia conică conformă Lambert are următoarele caracteristici:

- este conformă;
- este echidistantă;
- este echivalentă;
- meridianele apar ca linii drepte convergente, iar paralelele, arcuri de cerc concentrice;
- ortodroma şi loxo

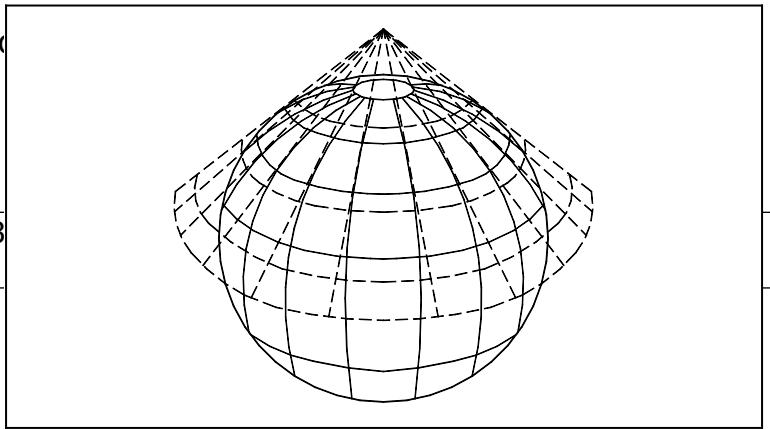


Fig. 4.10. Proiecţia conică normală

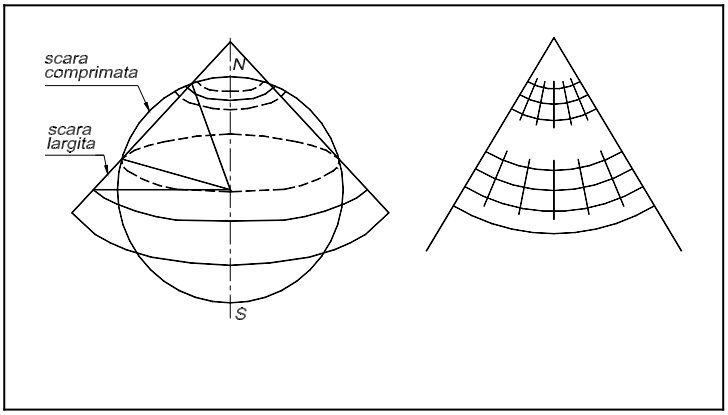


Fig. 4.11. Proiecţia conică conformă Lambert

4.4. Proiecţia cilindrică centrală normală

Este o proiecţie centrală având ca suprafaţă de proiecţie un cilindru circumscris de-a lungul ecuatorului. Prin desfăşurarea cilindrului se obţine proiecţia cilindrică centrală normală.

Proiecţia are următoarele caracteristici:

- meridianele sunt linii drepte paralele şi echidistante;
- paralelele sunt de asemenea linii paralele însă distanţa dintre ele creşte cu cât ne apropiem de poli;
- peste 72° latitudine, proiecţia nu se mai poate utiliza.

4.5. Proiecţia Mercator

Este o proiecţie cilindrică normală centrală, modificată în sensul că deformarea distanţelor de-a lungul meridianelor să fie făcută în aceeaşi măsură în care acestea sunt deformate de-a lungul paralelelor. În felul acesta scara creşte în lungul meridianelor de la ecuator spre poli.

Caracteristicile proiecţiei Mercator sunt:

- meridianele sunt linii drepte paralele şi egal distanţate între ele;
- paralelele sunt linii drepte paralele dar neegal distanţate;
- este conformă;
- nu este echidistantă (scara creşte spre poli);
- nu este echivalentă (2 suprafeţe egale pe teren vor arăta diferit pe hartă; astfel, cea de la latitudinea de 60° va fi de 2 ori mai mare faţă de cea de la ecuator);
- loxodroma este o linie dreaptă;
- ortodroma nu este o linie dreaptă.

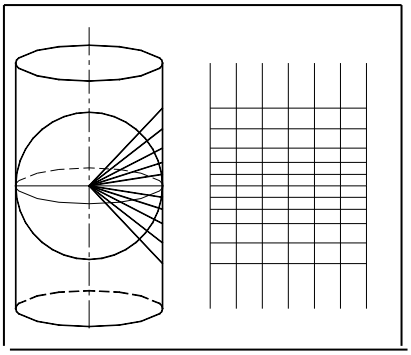


Fig. 4.12. Proiecţia cilindrică

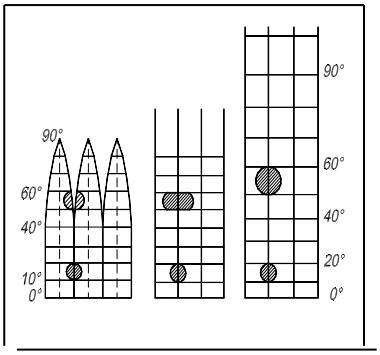


Fig. 4.13. Proiecţia Mercator

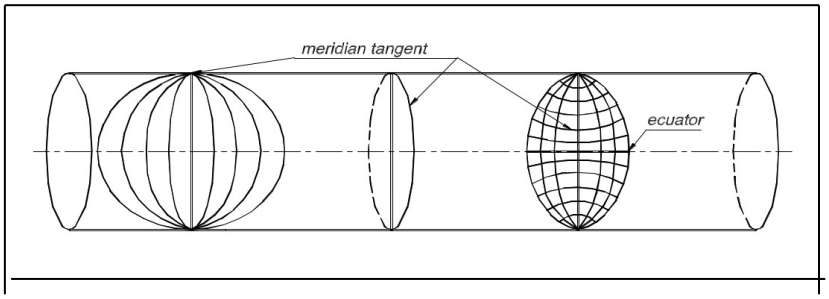


Fig. 4.14. Proiecţia cilindrică transversală Gauss

4.6. Proiecţia cilindrica transversala GAUSS

În cazul acestei proiecţii, cilindrul are axa perpendiculară pe axa pământului, suprafaţa fiind tangentă la poli de-a lungul unui meridian.

Proiecţia are următoarele caracteristici:

- meridianul axial se proiectează sub forma unei linii drepte perpendiculare pe ecuator fără nici o deformare în ce priveşte lungimea sa;
- restul meridianelor se proiectează sub forma unor linii curbe, convergente la poli;
- ecuatorul apare ca o linie dreaptă;
- paralelele sunt arcuri de cerc dispuse simetric în raport cu ecuatorul;
- proiecţia este conformă echidistantă şi echivalentă;
- ortodroma şi loxodroma nu sunt linii drepte.

4.7 Proiecţia stereografică polară

Datorită faptului că proiecţiile cilindrice şi conice se folosesc până la aprox. 60° -70° latitudine, pentru reprezentarea pământului la latitudini mai mari pe hărţile de navigaţie se foloseşte proiecţia stereografică polară.

În cadrul acestei proiecţii centrul de vedere se află la unul din poli iar suprafaţa tangentă la celalalt pol.

Proiecţia are următorele caracteristici:

- meridianele apar ca linii drepte convergente la poli;
- paralelele apar ca cercuri concentrice cu centrul la pol, însă distanţa dintre ele se măreşte pe măsură ce ne depărtăm de pol;
- ortodroma se apropie foarte mult de o linie dreaptă;
- loxodroma este o linie curbă;
- proiecţia nu este echivalentă.

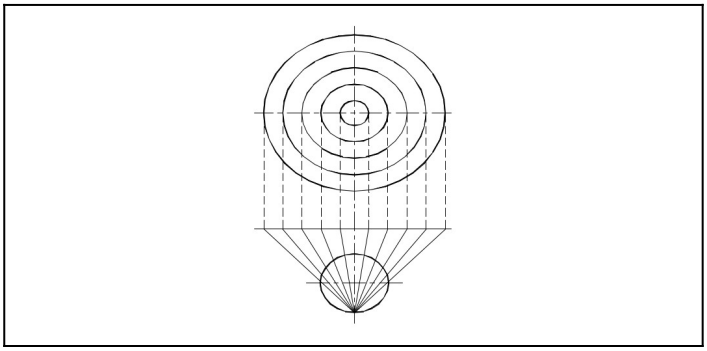


Fig. 4.15. Proiecţia polară

5. Harta

Harta este o reprezentare (transpunere) convenţională pe un plan de dimensiuni reduse a suprafeţei elipsoidului terestru, sau a unei părţi a acesteia folosind un sistem de proiecţie cartografică.

La o hartă trebuiesc luate în considerare următoarele caracteristici:

a. scara hărţii;
b. proiecţia cartografică;
c. nivelmentul;
d. planimetria;
e. hidrografia;
f. semne convenţionale şi alte date generale.

a. *scara hărţii* reprezintă raprtul dintre distanţa "s" măsurată pe hartă şi distanţa reală "S" măsurată pe teren, folosind aceeaşi unitate de măsură. Ea se exprimă printr-un raport s/S = 1/n sau 1:n; unde n arată de câte ori distanţa s de pe hartă se cuprinde în distanţa reală S de pe teren.

Scara hărţii poate fi:

- *scară numerică*, 1:500.000 sau 1/ 500.000;

Numărătorul se exprimă prin cifra *1*, iar numitorul arată de câte ori este mai mică harta faţă de suprafaţa de teren pe care o reprezintă;

- *scara grafică*. Acest mod de exprimare al scării hărţii este o reprezentare grafică a scării numerice.
- *scara naturală* este scara în care se arată direct valoarea de transformare a măsurătorilor de pe hartă (ex: 10 cm = 5 Km. sau 10 cm = 10 Km.).

De regulă hărţile au o scară grafică şi o scară numerică.

b. *proiecţia cartografică* este elementul care permite cunoaşterea caracteristicilor principale ale hărţii respective.

c. *nivelmentul* reprezintă totalitatea formelor de relief. Reprezentarea nivelmentului pe hartă se

realizează prin curbe de nivel, tente hipsometrice, tente umbrite şi cote.

d. *planimetria* reprezintă totalitatea construcţiilor de pe teren: poduri, terenuri, oraşe, căi ferate, drumuri etc.

e. *hidrografia* infăţişează cursurile de apă de pe terenul reprezentat;

f. *formele convenţionale* sunt simboluri folosite pentru ca harta să reprezinte cât mai sugestiv elementele de pe teren: localităţi, căi ferate, poduri, etc..

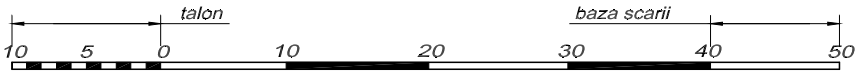


Fig. 5.16. Scara hărţii

5.1. Hărţile aeronautice

Hărţile aeronautice sunt destinate:

- calculelor preliminare a traiectelor de navigaţie;
- orientării la vedere şi navigaţiei estimate;
- navigaţiei radioelectrice;
- procedurilor de operare *IFR* şi *VFR* (zbor instrumental şi zbor la vedere).

Se deosebesc:

- *harta traiectelor* de navigaţie: scara 1:500.000, 1:1.500.000;
- *harta de navigaţie pentru avioane de mare viteză* scara 1:3.000.000;
- *harta lumii* scara 1:1.000.000. Aceasta este harta de bază pentru navigaţia la vedere pe distanţe medii;
- *harta de navigaţie la vedere* scara 1:500.000 care derivă din harta lumii dar are mai multe elemente;
- *harta de radionavigaţie* scara 1:500.000 - 1:2.000.000, conţine axele căilor aeriene, direcţiile magnetice, nivelele minime de zbor, puncte obligatorii de raport, frecvenţele şi indicativele mijloacelor de radionavigaţie şi a organelor de trafic şi alte informaţii;
- *harta procedurii de apropiere după instrumente*, scara 1:250.000 conţine elemente topografice şi hidrografice precum şi elementele de navigaţie radioelectrică pentru executarea procedurilor;
- *harta procedurii de apropiere la vedere*, scara 1:200.000 conţine aceleaşi elemente, dar în condiţii de zbor VFR (zbor la vedere);
- *harta regiunii terminale de control* la scara 1:50.000 destinată procedurii de trecere de la navigaţia pe căi aeriene la apropierea pentru aterizare. Ea conţine rute de plecare şi sosire pe direcţiile de decolare - aterizare;

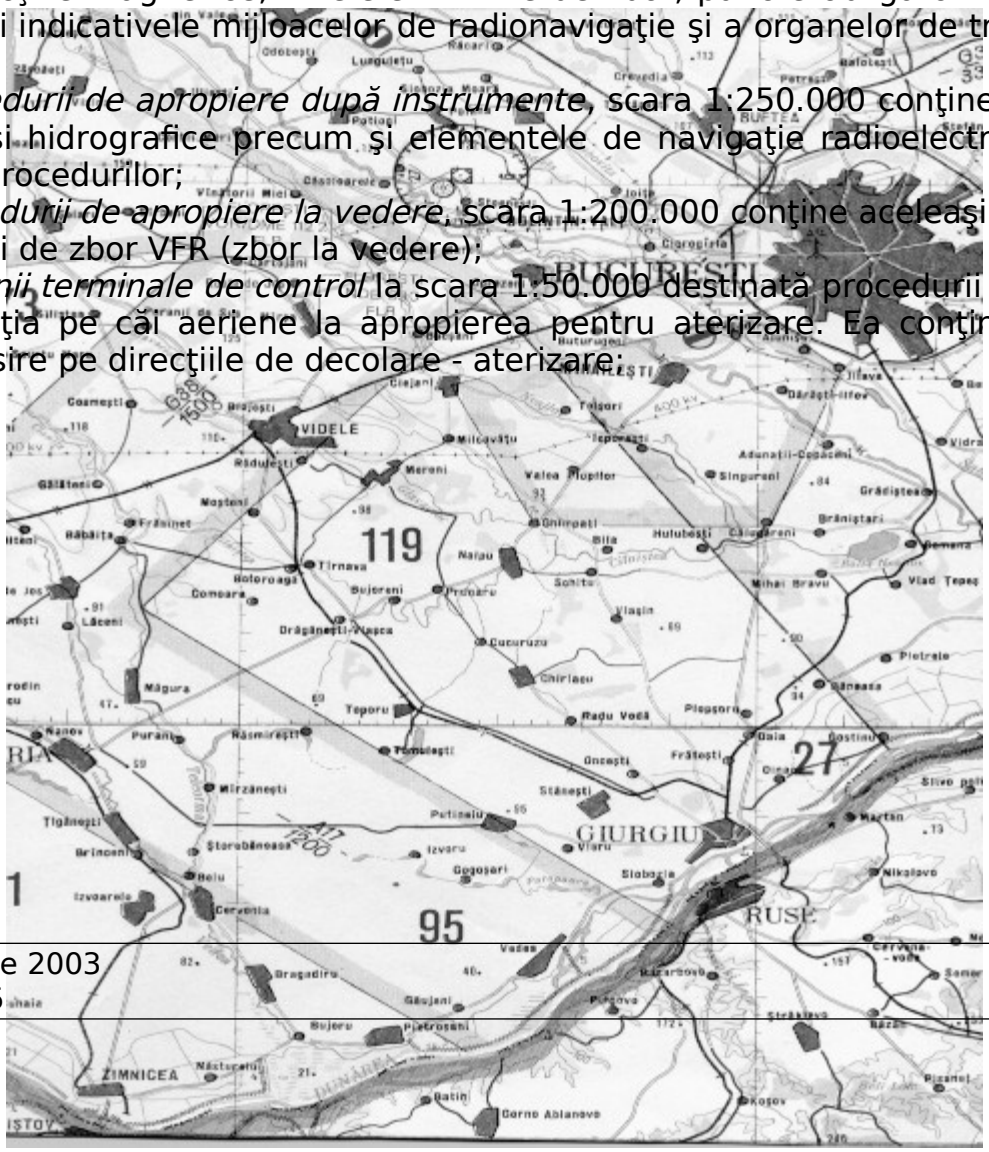


Fig..5.17. HARTA AERONAUTICA Scara 1:500.000

- *harta de aterizare* la scara 1:25.000 conţine dimensiunile pistelor şi elemente de amplasare generală a mijloacelor şi clădirilor aeroportului (aeroclubului);
- *harta de aerodrom*, scara 1: 10.000 conţine informaţii detaliate privitoare la pistă, căile de circulaţie şi platforma.

6. Magnetismul terestru

Magnetismul terestru reprezintă un ansamblu de fenomene magnetice datorate constitutiei neomogene a planetei noastre (nucleul pământului este constituit din fier şi nichel care datorită temperaturilor şi presiunilor mari precum şi datorită rotaţiei, generează fenomenul de *inducţie magnetică*). Magnetismul terestru suportă şi *influenţe extraterestre*.

Pământul se consideră că acţionează ca un magnet de dimensiuni enorme (vezi Fig. 6.18.) având caracteristicile şi proprietăţile unei bare magnetice.

Câmpul magnetic, forma de manifestare a magnetismului terestru, se caracterizează prin liniile de forţă magnetică (vezi Fig. 6.18.)

Punerea în evidenţă a câmpului magnetic terestru se realizează cu ajutorul unui ac magnetic suspendat, liber a se roti în plan orizontal. Acul se va orienta întotdeauna de-a lungul liniilor de forţă magnetică care acţionează asupra lui. Direcţia de orientare a acului magnetic se consideră a fi direcţia meridianului magnetic. (vezi Fig. 6.18.).

Polul nord magnetic şi polul nord geografic nu coincid.

Diferenţa unghiulară între direcţia nordului geografic şi direcţia nordului magnetic (dintre meridianul adevărat şi magnetic al locului) se numeşte *declinaţie magnetică* şi se notează cu Δ_m.

Dacă se unesc toate punctele de pe suprafaţa pământului cu aceeaşi declinaţie magnetică, se obţin niste curbe, numite ***izogone***.

Declinaţia magnetică poate fi estică (*pozitivă*) sau vestică (*negativă*) (vezi Fig. 6.19.), în funcţie de amplasarea meridianului magnetic faţă de cel geografic.

Datorită faptului că nordul magnetic nu coincide, ci se deplasează în jurul polului nord geografic, executând o rotaţie de 360° în timp de peste 800 de ani, *declinaţia magnetică este variabilă*.

Din aceste motive pe hărţi sunt trecute în dreptul liniilor izogone data când au fost trasate, cât şi variaţia anuală a acestora.

În ţara noastră variaţia declinaţiei magnetice este de 5,1' E pe an. Pentru a afla declinaţia magnetică din prezent, se va înmulţi diferenţa de ani (de la data editării hărţii şi până la data calculului) cu variaţia declinaţiei (5,1' x nr. de ani) şi se va aduna la declinaţia trasată pe hartă.

Pe hărţi se trasează şi *liniile care au aceeaşi înclinaţie magnetică şi care se numesc izocline*.

Unghiul de înclinaţie magnetică este 0° la ecuator şi 90° la poli.

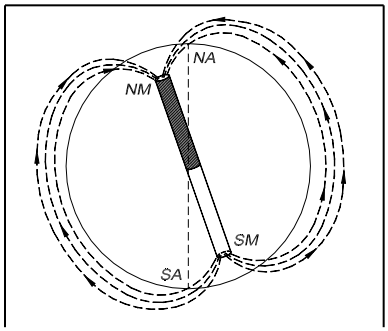
Liniile care au declinaţia 0° se numesc linii *agone*.

Datorită faptului că structura geologică a pământului este foarte diferită din punct de vedere magnetic, de la loc la loc, vom întâlni pe hărţile de navigaţie aeriană, în afara liniilor de egală declinaţie şi linii (zone) unde valoarea câmpului magnetic este foarte puternică şi cu izogonele deformate. Aceste *zone de anomalii magnetice* se pot întinde de la câteva zeci de metri la câteva sute de Km. O astfel de zonă, unde intensitatea câmpului magnetic este aproape similară cu regiunea polilor, este regiunea Kursk din Rusia (zona cu bogate zăcăminte de fier).

În afara acestor anomalii, câmpul magnetic terestru este supus şi unor *perturbaţii cu un caracter aleator. Aceste perturbaţii se numesc furtuni magnetice şi* au loc în general în zona polilor, dar se mai produc şi pe întreg globul.

Cauzele acestor furtuni magnetice sunt legate de apariţia petelor solare, care au o periodicitate de 11 ani. *Petele solare sunt zone de emisie a particulelor ionizate care au propriul lor câmp magnetic şi care interferă cu cel terestru*.

Durata acestor furtuni este de câteva ore; în schimb sunt foarte puternice, înregistrându-se furtuni în cadrul cărora declinaţia s-a modificat cu 52°. În timpul acestor furtuni acul magnetic este foarte instabil.



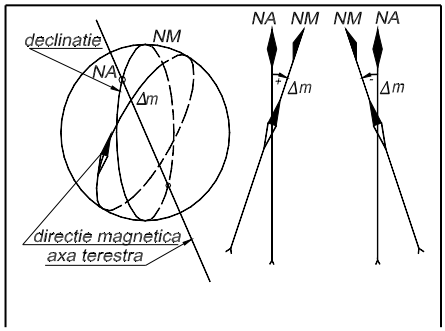


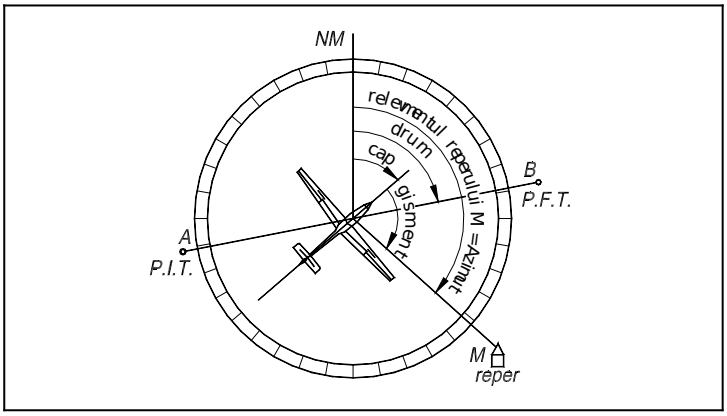
Fig. 6.18. Magnetismul terestru Fig. 6.19. Declinaţia magnetică

7. Elemente de navigaţie aeriană

Acestea sunt :
- acţiunea vântului asupra planorului (deriva);
- acţiunea vântului asupra vitezei faţă de sol;
- drumuri, capuri;
- trasarea drumurilor.

În acest capitol sunt definite elementele care se calculează la sol înaintea începerii zborului, elemente necesare echipajului pentru efectuarea zborului.

Direcţia indică poziţia sau orientarea unui punct în spaţiu, în raport cu un alt punct, fără a ţine seama de distanţa dintre ele.



Determinarea direcţiei se poate face în plan orizontal sau în plan vertical.

În navigaţia aeriană se folosesc ca direcţii *drumurile, capurile şi relevmentele*.

7.1. Drumurile aeronavei

Drumul este unghiul format între direcţia nordului (**N**ord **A**devarat, **N**ord **M**agnetic) şi linia care uneşte **P**unctul **I**niţial al **T**raiectului cu **P**unctul **F**inal al **T**raiectului.

Se deosebesc deci, *drumuri adevărate (DA) şi drumuri magnetice (DM)* (vezi Fig. 7.21.).

Când traiectul aeronavei **coincide** cu linia drumului obligat (LDO), atunci drumurile măsurate se numesc *drumuri* (adevărate sau magnetice) *obligate* (DAobl, DMobl).

Când traiectul real al aeronavei **nu coincide** cu LDO, drumurile se numesc *drumuri* (adevărate sau magnetice) *real urmate* (DAr, DMr).

Măsurarea drumurilor pe hartă se realizează astfel:

- se uneşte PIT cu PFT pe hartă;
- cu ajutorul unui raportor se masoară unghiul format între direcţia celui mai apropiat meridian geografic şi LDO.

Abaterea laterală unghiulară este unghiul format intre linia drumului obligat LDO şi linia drumului real LDR. Se notează ALU.

Lungimea perpendicularei dusă din punctul unde se află aeronava pe LDR la LDO se numeşte *abatere laterală liniară* (ALL).

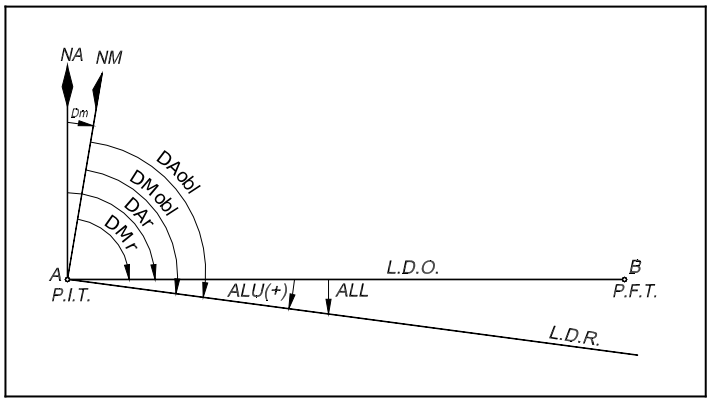


Fig. 7.21. Drumuri în navigaţia aeriană

7.2. Capurile aeronavei

Unghiul format între direcţia nordului şi axa longitudinală a aeronavei se numeşte cap (vezi Fig. 7.22.).

Dacă direcţia de referinţă este cea a nordului adevarat, se numeşte *cap adevărat (CA)*, iar dacă este a nordului magnetic, capul va fi *cap magnetic (CM)*.

Instrumentul cu care se citeşte capul magnetic este *Compasul de aviaţie (busola)* (vezi Cap. Instrumente de bord).

Acesta, în afara liniilor magnetice de forţă, mai este supus şi câmpului magnetic al maselor metalice din structura aeronavei precum şi a câmpului electromagnetic generat de circuitele şi agregatele electrice de la bord. Din acest motiv *compasul de aviatie* nu va indica direcţia meridianului magnetic, ci o alta, numită direcţia nordului compas (NC).

Unghiul format între direcţia nordului magnetic (NM) şi cea a nordului compas (NC) se numeşte *deviaţia compasului* şi se ia în considerare la calculul elementelor de navigaţie.

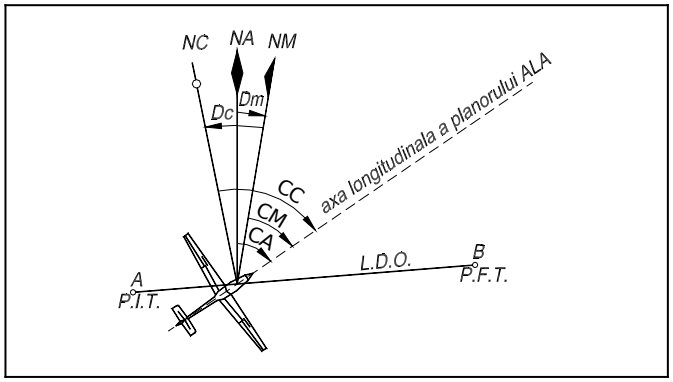


Fig. 7.22. Capurile aeronavei

7.3. Relevmentul

Relevmentul avionului este unghiul măsurat între meridianul care trece prin punctul de amplasare al mijlocului de radionavigaţie şi direcţia ortodromică către punctul avionului.

Relevmentul staţiei este unghiul măsurat între meridianul care trece prin punctul de amplasare al avionului şi direcţia ortodromică către mijlocul de radionavigaţie.

Referinţa de măsurare este direcţia nordului adevărat (sau magnetic) şi vom avea relevmentele reperului (R.A.R. sau R.M.R.) măsurate în avion sau relevmentele avionului (R.A.A. sau R.M.A) măsurate la reper.

În cadrul aviaţiei sportive nu se foloseşte de obicei relevmentul, totuşi este bine să fie cunoscut pentru cazurile de pierdere a orientării, când se apelează la turnurile de control ale aviaţiei de transport.

În aceste situaţii turnul de control va transmite aeronavei prin radio *relevmentul magnetic al reperului (RMR = QDM) sau relevmentul magnetic al avionului (RMA = QDE)*.

QDM reprezintă direcţia magnetică pe care ne deplasăm pentru a ajunge la turnul de control (reper), iar QDE reprezintă direcţia magnetică pe care se află aeronava faţă de reper.

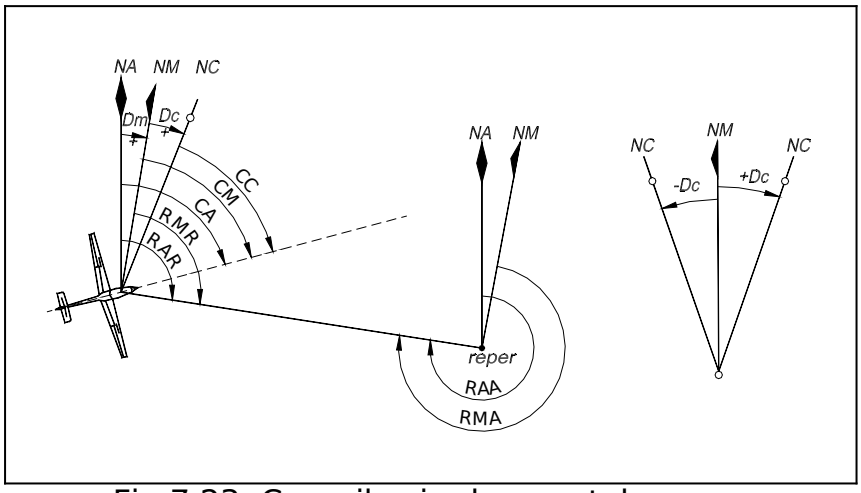


Fig.7.23. Capurile şi relevmentele

Drumuri-Capuri: relaţii de calcul

Drumurile folosite în navigaţia aeriană sunt în general trasate pe hartă începând cu linia drumului adevărat LDO. Prin măsurare pe hartă se va determina DA şi prin calcul se va afla drumul magnetic DM, apoi cunoscând deviaţia compasului se va calcula drumul compas DC cu următoarele relaţii:

DA = DM + (± Dm)

DM = DA - (± Dm)
DC = DM - (± Dm)
DM = DC + (± Dm)
DA = DC + (± Dc) +(± Dm)
DC = DA - (± Dc) +(± Dm)

Exemplu:

DA = 70º; Dm = 5º;
DM = 70º - 5º = 65º

În timpul zborului la bordul aeronavei se citeşte direct la compasul de aviaţie, capul compas. Acesta se masoară între direcţia nord compas (direcţia nord indicată de compas), şi prelungirea axei longitudinale a aeronavei, partea din faţă. (vezi Fig. 7.22.).

Relaţiile de calcul sunt:

CM = CA - (± Dm)
CA = CM + (± Dm)
CC = CM + (± Dc)
CM = CC - (± Dc)
CC = CA - (± Dm) - (± Dc)
CA = CC + (± Dm) + (± Dc)

Exemplu:

CM = 60º; Dm = 5º;Dc = +2º
CM = 60º- 5º= 55º
CC = 55º- 2º= 53º

7.4. Unghiul de derivă

Ultimul element care determină modul de desfăşurare a zborului este deriva sau unghiul de derivă, care se datorează direcţiei şi vitezei de deplasare a masei de aer în care zboară aeronava. Prin *derivă* se înţelege unghiul format între prelungirea axei longitudinale a aeronavei şi linia drumului real şi se notează Dv.

Deriva aeronavei variază în funcţie de viteza vântului, direcţia acestuia faţă de LDO (**U**nghiul **D**rumului cu **V**ântul), cât şi de viteza proprie a aeronavei (*V.P.A.*)

Variaţia derivei se manifestă astfel:

- cu cât viteza vântului este mai mare, cu atât unghiul derivei va fi mai mare;

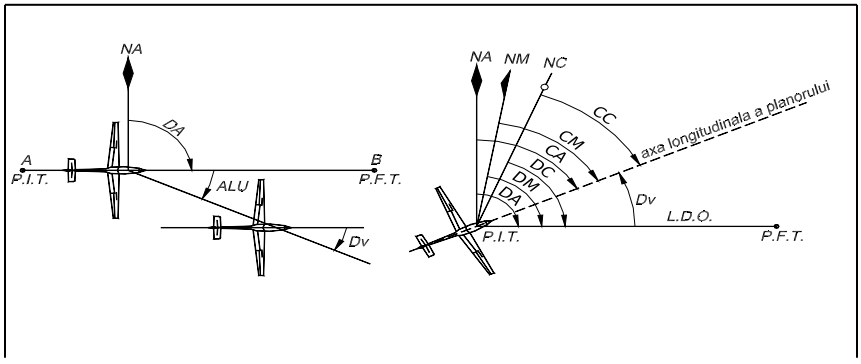


Fig. 7.24. Deriva aeronavei

- cu cât unghiul direcţiei vântului faţă de LDO (UDV) este mai mare, cu atât unghiul de derivă va fi mai mare. (UDV poate avea valori cuprinse între 0° şi 180° stânga/dreapta faţă de LDO).
- cu cât viteza proprie a avionului este mai mare, cu atât unghiul de derivă este mai mic.

7.5. Relaţiile de calcul între drumuri şi capuri

Relaţiile de calcul între drumuri şi capuri sunt următoarele:

CA = DA - (± Dv)

CM = DM - (± Dv) = DA - (± Dm) - (± Dv)

CC = DM - (± Dc) - (± Dv) = DA - (± Dm) - (± Dc) - (± Dv)

DA = CC + (± Dc) + (± Dm) + (± Dv)

Calcularea derivei şi a celorlalte elemente necesare desfăşurării zborului se realizează cu ajutorul metodelor grafice (triunghiul de navigaţie al vitezelor) sau cu ajutorul calculatoarelor de navigaţie.

7.6. Acţiunea vântului asupra vitezei la sol

După cum se ştie, vitezometrul indică viteza de zbor a aeronavei faţă de masele de aer (VPA).

În acelaşi timp masele de aer se vor deplasa faţă de sol. Din acest motiv şi *viteza aeronavei faţă de sol (VS)* va fi diferită de viteza proprie a aeronavei. Această viteză depinde de viteza vântului, după cum urmează:
- viteza aeronavei faţă de sol creşte atunci când vântul este de spate;
- viteza aeronavei faţă de sol scade când vântul este de faţă;

7.7. Triunghiul de navigaţie al vitezelor

Triunghiul de navigaţie al vitezelor reprezintă procedeul de bază pentru determinarea elementelor principale de navigaţie ale zborului.

Triunghiul de navigaţie al vitezelor se compune din 3 vectori:
- vectorul vitezei proprii;
- vectorul vitezei vântului;
- vectorul vitezei faţă de sol.

Cunoscând 2 vectori se determină cel de-al treilea şi deriva.

Triunghiul de navigaţie al vitezelor se poate rezolva grafic, analitic şi cu ajutorul calculatoarelor de navigaţie sau a oricarei rigle de calcul.

Rezolvarea grafică a triunghiului de navigaţie al vitezelor este prezentată în continuare: (vezi Fig. 7.25.)

De obicei se cunosc drumul adevarat DA, viteza proprie adevarată VPA, direcţia şi viteza vântului. Se cere să se determine deriva (Dv), viteza faţă de sol (VS) şi capul adevărat (CA).

Se trasează pe o coală de hârtie o scară grafică convenabilă care să cuprindă atât viteza vântului Vv cât şi viteza proprie adevarată VPA. Dintr-un punct ales ca origine, "O", se trasează linia drumului obligat LDO. În originea aleasă se amplasează şi vectorul vânt la aceeaşi scară şi anume cu originea vectorului în punctul "O". Din vârful vectorului vânt (punctul A), de regulă cu ajutorul unui compas, se trasează un arc de cerc cu o rază egală cu VPA care se intersectează cu LDO. În acest punct de intersecţie, B, se amplasează un nou vector Vv, cu vârful pe LDO. Se uneşte punctul de origine "O" cu originea vectorului vânt Vv (punctul C).

S-au obţinut 2 triunghiuri asemenea în care:

AB = OC = VPA

OB = Vs (se măsoară pe scara grafică) iar unghiul BOC = Dv se măsoară cu raportorul.

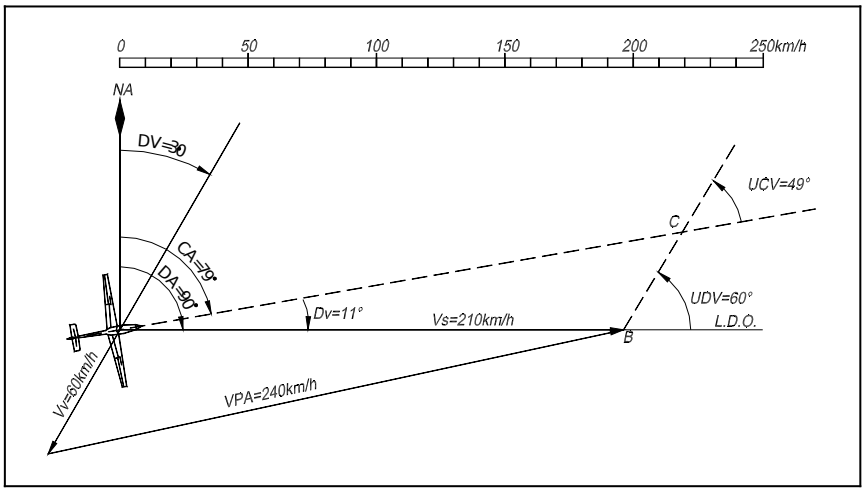


Fig. 7.25. Rezolvarea grafica a trunghiului de navigaţie al vitezelor

Unghiul format între linia drumului obligat şi direcţia vântului se numeşte unghiul drumului cu vântului (UDV) (măsurat invers, devine UVD). El se măsoară pe ambele părţi ale LDO de la 0º la 180º.

Unghiul format între axa longitudinală a avionului (partea din faţă) şi direcţia vântului se numeşte unghiul capului cu vântul (UCV) (măsurată invers, devine UVC).

UVC va fi întotdeauna mai mic decât UVD cu valoarea derivei.

Exemplu:

DA = 90º; Vv = 30º /60 Km/h;

VPA = 240 Km/h

Rezolvând grafic (vezi Fig.N.7.25.), se obţine:

Dv = 11º; Vs = 220 Km/h;

CA = 79°; UVD = 60°;

UVC = 49° ;

Pentru rezolvarea grafică a triunghiului de navigaţie al vitezelor se poate proceda şi astfel :

În punctul "O" de pe LDO se aplică vectorul VPA şi Vv (vezi Fig. 7.26).

Construind paraleleogramul forţelor se obţine componenta OB care reprezintă VS. Unghiul cuprins între VPA şi VS (Unghiul AOB) este deriva avionului şi trebuie măsurată cu raportorul.

Cunoscând drumul adevarat DA, se poate calcula capul adevarat CA cu ajutorul următoarei formule :

CA = DA - (± Dv)

Viteza la sol se obţine măsurând pe scara grafică lungimea vectorului OB.

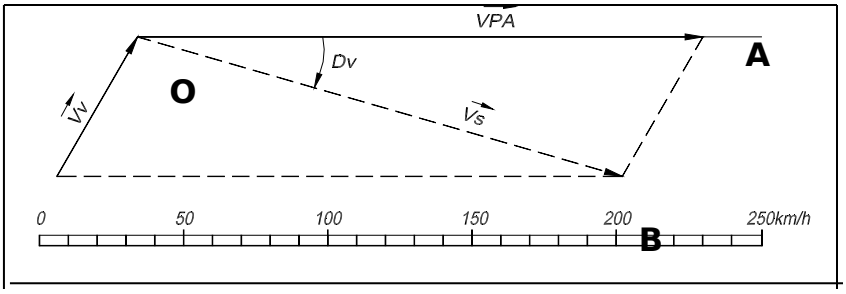


Fig. 7.26. Rezolvarea grafică a triunghiului de navigaţie al vitezelor

Pentru rezolvarea analitică a triunghiului de navigaţie al vitezelor se foloseşte Teorema sinusurilor într-un triunghi oarecare. (vezi Fig. 7.27.)

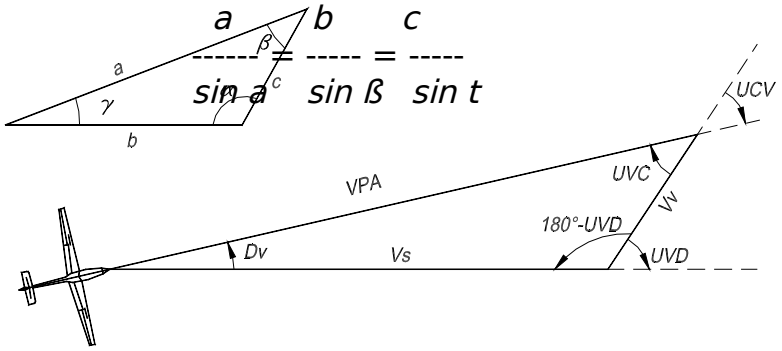


Fig. 7.27. Rezolvarea analitică a triunghiului de navigaţie al vitezelor

În relaţia de mai sus, cunoscând trei elemente, se poate determina cel de-al patrulea. Această relaţie se poate aplica şi la triunghiul de navigaţie al vitezelor. Sunt necesare 2 precizări :
- unghiul adiacent al lui UVD este 180º-UVD, iar sin (180º -UVD)= sin UVD;
- unghiul opus vectorului VS este UVC. Relaţia va deveni:

$$\frac{VPA}{\sin(180^o - UVD)} = \frac{Vs}{\sin UVC} = \frac{Vv}{\sin Dv}$$

Pentru exemplul din Fig.N.7.25, se obţin următoarele valori:
UVD = 90º - 30º = 60º

$$\frac{240 Km/h}{\sin(180^o - 60^o)} = \frac{60 Km/h}{\sin Dv} \text{ sau } \frac{240}{\sin 60^o} = \frac{60}{\sin Dv}$$ de unde:

sin Dv = 0,22, rezultă Dv = 12º40'.
Vs = 205,5 Km/h;
CA = DA - (Dv) = 90º - 12º = 78º.
Cunoscând capul adevărat, prin rezolvarea triunghiului de navigaţie al vitezelor se poate afla *capul compas*.
Cunoscând declinaţia magnetică (citită pe hartă) şi deviaţia compasului (citită la bordul aeronavei), capul compas se calculează după formula:

CC = CA - (± Dm) - (± Dc) - (± Dv)

8. Probleme de altimetrie

Aceste probleme se întâlnesc în navigaţia aeriană datorită deselor situaţii când va trebui să urcăm cu aeronava până la o anumită înălţime. În cadrul acestor zboruri vom întâlni următoarele definţii pentru înălţimi:
Înălţimea absolută (H Abs) sau Altitudinea este distanţa pe verticală măsurată de la nivelul mediu al mării până la punctul considerat unde se află aeronava.
Înălţimea relativă (H Rel) sau înălţimea, *este distanţa pe verticală măsurată de la suprafaţa de referinţă a aerodromului până la punctul considerat pentru măsurarea înălţimii.*
Înălţimea nivelului 91 (2700m) sau nivelul de zbor (FL), este distanţa pe verticală măsurată faţă de suprafaţa izobarică de 760 mm col.Hg sau 1013.25 mb (HPa).
Înălţimea reală sau adevărată (H real sau H adev) este distanţa pe verticală măsurată dintre obstacolul survolat şi aeronavă. Datorită neregularitaţilor terenului această înălţime este variabilă pe tot parcursul zborului.
Cota este înălţimea obstacolului măsurată faţă de nivelul mediu al mării.

În funcţie de aceste înălţimi în timpul zborului, organele de trafic vor transmite la echipaje următoarele presiuni:
- QNH = presiunea redusă la nivelul mării;
- QFE = presiunea la nivelul pistei;
- QNE (Std) = presiunea de referintă de 760 mm col Hg sau 1013.25Mb (HPa).

Treapta barică este distanţa pe verticală dintre 2 planuri a căror diferenţă de presiune este egală cu un mb (Hp).

1 hPa = 8.4 m;
1 mm col Hg = 11.2 m

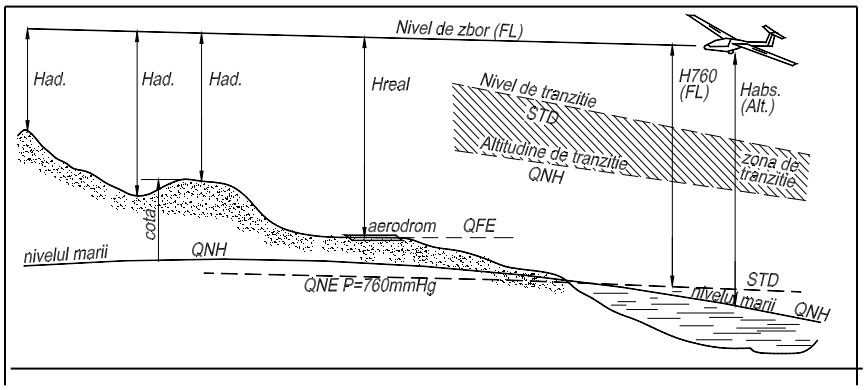


Fig. 8.28. Înălţimi în navigaţia aeriană

Astfel apar situaţii când în cadrul problemelor se cere să se execute calcule şi transformări din mmHg în mb (hPa) cât şi transformări în funcţie de punctele de referinţă faţă de care se fac măsurătorile.

Exemplu : O aeronavă va decola de pe un aerodrom după QFE şi va trebui să urce până la un anumit nivel (FL) după Std. Cunoscând cota aerodromului şi presiunea se poate calcula ce spaţiu pe verticală va avea de parcurs aeronava, deci timpul necesar şi respectiv consumul de combustibil (pentru avioane).

Zona de tranziţie reprezintă suprafaţa din spaţiul aerian pe verticală în cadrul căreia o aeronavă în urcare sau coborâre execută proceduri de calaj altimetric, trecând pe Std la urcare pentru intrare pe nivelul de zbor FL, sau trecând altimetrul pe QFE-ul aerodromului în situaţia executării procedurilor de aterizare.

8.1. Calajul altimetric

În situaţia zborurilor de deplasare de pe un aerodrom pe altul suntem nevoiţi de multe ori să aterizăm pe cel de-al doilea şi altimetrul va arăta o anumită cifră (diferenţa de înălţime dintre cele 2 aerodroame).

Pentru a se putea executa în mod corect *elementele de apropiere pentru aterizare* (la înălţimile impuse de instrucţiunile de exploatare ale celui de-al doilea aerodrom), trebuie să executăm *calajul altimetrului*.

Această operaţie are rolul de a aduce altimetrul în situaţia ca la aterizarea pe noul aerodrom să arate ***"0"*** *m înălţime.*

Înainte de a decola de pe primul aerodrom, cerem de la organele de trafic sau de la meteo, presiunea din momentul respectiv la pragul pistei de decolare (QFE aerodrom decolare).

Pentru calaj în interiorul altimetrului este introdusă o scală barometrică. Aceasta este vizibilă printr-o fereastră a altimetrului şi este gradată în mm Hg sau mb.

Operatiunea de calaj (după QFE) se realizează astfel:

- se aduce înainte de decolare acul altimetrului la "0";
- se desface piuliţa de la butonul cu cremalieră, se trage butonul spre exterior şi se roteşte până când presiunea indicată în fereastră este cea dată de staţia meteo sau organele de trafic de pe aerodrom. După acesata se împinge butonul şi se strânge piuliţa înapoi.

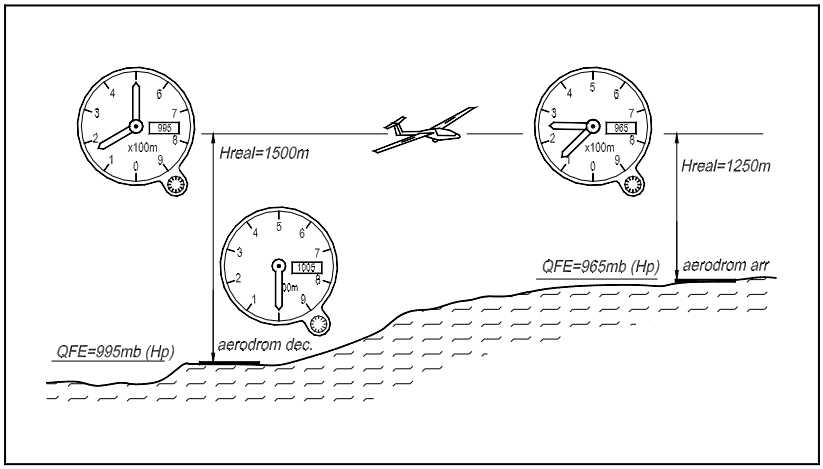


Fig. 8.29. Calajul altimertic

Cu aceasta se poate decola.

În timpul zborului va fi suficient să cerem presiunea de la pragul pistei de la cel de-al doilea aerodrom (aerodromul de aterizare), să rotim butonul fără să mai slăbim piuliţa până când în fereastră apare presiunea corespunzătoare celui de-al doilea aerodrom. În timpul rotirii se vor schimba atât indicaţiile presiunii din fereastră cât şi indicaţiile acelor altimetrului (indicaţiile de înălţime).

Când am terminat operaţia de rotire a butonului (operaţia de calaj), acele altimetrului ne vor arăta la ce înălţime ne aflăm faţă de cel de-al doilea aerodrom.

În momentul când vom ateriza pe noul aerodrom, altimetrul va indica "0"m înălţime.

Executând calajul altimetrului, avem certitudinea că vom executa procedurile de apropiere pe noul aerodrom având înălţimile minime de siguranţă la trecerea peste eventualele obstacole de pe lângă aerodrom.

9. Lucrul cu harta

În cadrul navigaţiei la vedere o importanţă deosebită o are cunoasterea în permanenţă a poziţiei aeronavei. Pentru aceasta un pilot va trebui să ştie să compare în permanenţă reperele de pe sol cu cele de pe hartă, să aleagă repere caracteristice pe sol, respectiv pe hartă, repere care se vor afla la o distanţă de cca.15 min de zbor pentru a putea fi în permanenţă la vedere. În acest scop pilotul va trebui să se obişnuiască să aprecieze în zbor distanţele atât pe hartă cât şi pe teren, lucru care se realizează în urma antrenamentului în zonă.

Având distanţe cunoscute pe sol, în timpul zborului vom urmări cum se văd de la diferite înălţimi de zbor, pentru ca apoi să le putem compara cu distanţe necunoscute din teren. Totodată, prin antrenament vom învăţa aprecierea acestor distanţe pe hartă.

Fiecare pilot planorist, în cadrul zborurilor de antrenament, va trasa pe hartă unele cercuri din 5 în 5 Km cu centrul în centrul aerodromului. Aceste cercuri ne vor ajuta la obişnuirea ochiului cu distanţele de pe sol. Trebuie menţionat că odată cu creşterea înălţimii, citirea hărţii se face mai greu datorită aplatisării formelor de relief iar unele detalii sau chiar repere dispar datorită micşorării vizibilităţii oblice.

În situaţia când se trece la zborul de distanţă se recomandă următoarele:

- orientarea hărţii în sensul deplasării;
- alegerea unor repere uşor de identificat. Se poate întâmpla ca unele repere de pe hartă să fi dispărut din teren şi să fi apărut altele noi;
- la începerea spiralării în căminul termic, alegerea de repere noi pe traseu, cât permite vizibilitatea, pentru a şti în ce parte să părăsim căminul termic;
- trebuie ţinut cont de faptul că aspectul general al zonei se modifică în funcţie de anotimp;
- după trasarea pe hartă a LDO, se calculează capul compas şi apoi se studiază reperele de pe stânga şi dreapta traseului, cât şi zonele favorabile apariţiei condiţiei termice.

10. Calcule mintale

De multe ori în timpul zborului, pentru a pierde cât mai puţin timp, în afară de *abace,* suntem nevoiţi să efectuăm şi unele *calcule mintale* care ne ajută la navigaţie.

Calculele mintale se referă la:

- aprecierea distanţelor pe hartă, lucru care se realizează prin antrenament, plecând de la unghiuri de 90º-45º şi ajungând la unghiuri de 5º.
- determinarea timpului de zbor se face calculând cât parcurge planorul într-un minut şi apoi făcând raportul faţă de distanţa totală, aflăm cât timp vom zbura până la destinaţie.

CAPITOLUL IV
AERODINAMICĂ

1. Generalităţi

Aerodinamica este ştiinţa (ramură a mecanicii fluidelor) *care se ocupă cu studiul mişcării aerului* (şi în general al gazelor) *precum şi cu studiul mişcării corpurilor în aer* (sau în alte gaze).

Ca o consecinţă a apariţiei vehiculelor aeriene, au început să se dezvolte diferite ramuri ale aerodinamicii:

- *aerodinamica teoretică,* disciplină în cadrul căreia, cu ajutorul matematicii, tratează cele mai generale legi şi fenomene fizice aerodinamice;
- *aerodinamica experimentală* studiază fenomenele prin intermediul unor experienţe adaptate lor (cu precizarea că obţinem acelaşi rezultat dacă deplasăm corpul faţă de fluid sau fluidul faţă de corp).
- *aerodinamica aplicată* foloseşte cunoştinţele din celelalte două sectoare ale aerodinamicii, în construcţiile aeronautice.

2. Aerul şi calităţile sale

Zborul unei aeronave are loc în interiorul masei fluide care înconjoară întreaga suprafaţă a planetei noastre. Acest mediu numit *aer atmosferic* şi menţinut în jurul Pământului datorită gravitaţiei, reprezintă un amestec de gaze (vezi şi Cap. Meteo: 2.) în care plutesc o serie întreagă de particule materiale (de dimensiuni variabile şi în stări de agregare multiple).

Datorită distribuţiei parametrilor care o caracterizează din punct de vedere fizic:

- presiune,
- temperatură,
- umiditate,
- densitate,
- compresibilitate,
- vâscozitate,
- turbulenţă, etc., atmosfera apare ca un mediu cu structură diferită, atât pe orizontală cât şi pe verticală.

Dacă atmosfera şi proprietăţile sale sunt studiate în amănunţime la capitolul de meteorologie, pentru buna înţelegere a celor ce vor urma, trebuie să facem următoarele precizări:

a. *compresibilitatea* este proprietatea gazelor de a-şi modifica volumul sub acţiunea forţelor exterioare, până la stabilirea unui echilibru între forţele ce iau naştere în gaz şi cele ce tind să-l comprime.

În cazul deplasării unei aeronave în atmosfera terestră, acest fenomen apare la viteze mari (peste 500 km/h) şi are consecinţe deosebite.

Planoarele deplasându-se cu viteze de maxim 300-400 km/h, nu generează fenomenul de comprimare şi în consecinţă, pe întinsul acestui capitol, aerul atmosferic va fi considerat ca fiind un *fluid incompresibil*.

b. *efectele de frecare* există în mişcarea oricărui fluid compresibil sau incompresibil şi duc la două consecinţe importante:

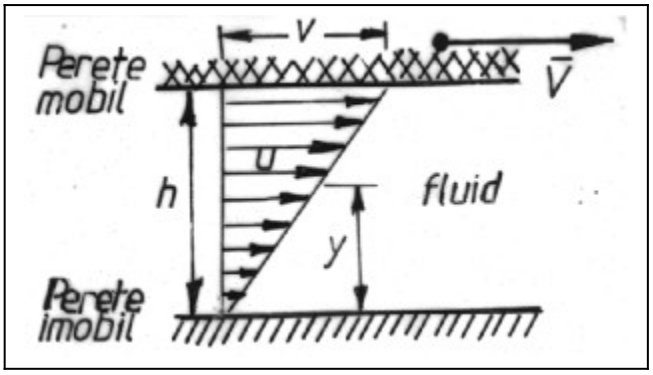


Fig. 2.1. Efectul frecării

- orice fluid aderă la suprafaţa unui corp solid cufundat în el sau la pereţi, deci viteza *u* a fluidului la perete este egală cu viteza peretelui în mărime, direcţie şi sens (vezi Fig. 2.1)

$$u = v\frac{y}{h} \qquad \text{(A.1)}$$

- în interiorul fluidului şi la contactul cu suprafeţele solide, apar tensiuni de forfecare tangenţiale:

$$\tau = \mu \qquad \text{(A.2)}$$

unde coeficientul de proporţionalitate μ se numeşte *coeficient de vâscozitate*.

În practică se utilizează şi coeficientul de *vâscozitate cinematică:*

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad \text{(A.3)}$$

unde ρ = densitatea fluidului.

De multe ori, cu o bună aproximaţie, pentru uşurarea înţelegerii unor fenomene, fluidele se consideră *ideale*, adică lipsite de frecare.

c. caracterul mişcării unui fluid poate fi *laminar* sau *turbulent*, în funcţie de mărimea numărului Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V l}{\mu} = \frac{V l}{\nu} \qquad \text{(A.4)}$$

unde V este o viteză caracteristică, iar "l" o lungime caracteristică.

În timp ce mişcarea laminară este caracterizată printr-un câmp continuu cu variaţii lente de viteze, presiuni, etc., mişcarea turbulentă prezintă fluctuaţii turbulente caracteristice şi este însoţită de o creştere substanţială a frecărilor aparente.

3. Tunelul aerodinamic

Tunelul aerodinamic este o instalaţie cu ajutorul căreia se pun în evidenţă şi se măsoară forţele ce iau naştere asupra unui corp ce se deplasează în aer, precum şi spectrele curgerii în jurul corpului.

În tunelul aerodinamic se foloseşte mişcarea aerului faţă de corpul studiat.

Tunelul aerodinamic poate fi:

- cu circuit închis;
- - cu circuit deschis.

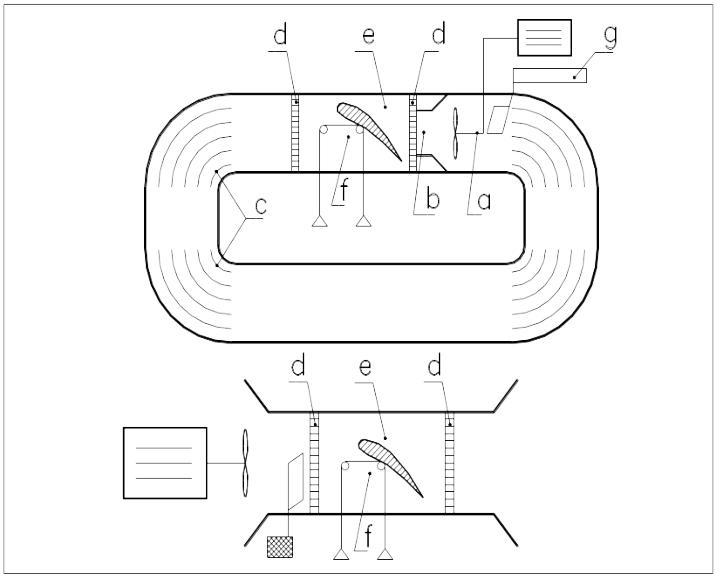


Fig. 3.2. Tunelul aerodinamic

Orice tunel aerodinamic se compune din:

a. instalaţie de pus aerul în mişcare;
b. tub ce dirijează aerul spre camera de experienţă;
c. deflectoare pentru dirijarea paralelă a fileurilor de aer;
d. filtre de aer la intrarea şi ieşirea aerului din camera de experienţă;
e. camera de experienţă;

f. balanţa aerodinamică;
g. instalaţie cu filtru pentru determinarea spectrului aerodinamic.

Prin *spectru aerodinamic* se înţelege traiectoria pe care o iau fileurile de aer în scurgerea lor în jurul unui corp.

Sufleria de spectre vizualizează fileurile de aer prin injectarea în spatele unui grătar, situat înaintea camerei de experienţe, a unui fum sau praf colorat.

Prin *scurgere permanentă* sau *staţionară* a aerului se înţelege mişcarea la care presiunea, temperatura, densitatea şi viteza particulelor de aer, într-un anumit punct al curentului, rămân constante în timp.

Aceste mărimi pot avea şi alte valori în puncte diferite.

4. Ecuaţia continuităţiil

Să considerăm un fluid incompresibil (ρ = constant), care curge permanent printr-o conductă de secţiune variabilă, neglijând fenomenele de frecare (vezi Fig. 4.4.).

În condiţiile de mai sus, conform legii conservării masei, masa de fluid care intră prin secţiunea S_1 în unitatea de timp este egală cu masa de fluid care iese prin secţiunea S_2 în unitatea de timp:

$m_1 = m_2$.

Dar $m_1 = \rho\ v_1\ S_1$ şi $m_2 = \rho\ v_2\ S_2$.

Înlocuind, vom obţine: $\rho\ v_1\ S_1 = \rho\ v_2\ S_2$,

iar după simplificare rezultă:

$v_1\ S_1 = v_2\ S_2$, sau

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} \qquad \text{(A.5)}$$

Această relaţie se numeşte *ecuaţia continuităţii* şi exprimă faptul că volumul de fluid care trece în condiţiile date în unitatea de timp prin secţiuni diferite, este constant:

$S\ v$ = constant.

Deci, viteza de scurgere a fluidului este invers proporţională cu suprafaţa secţiunii.

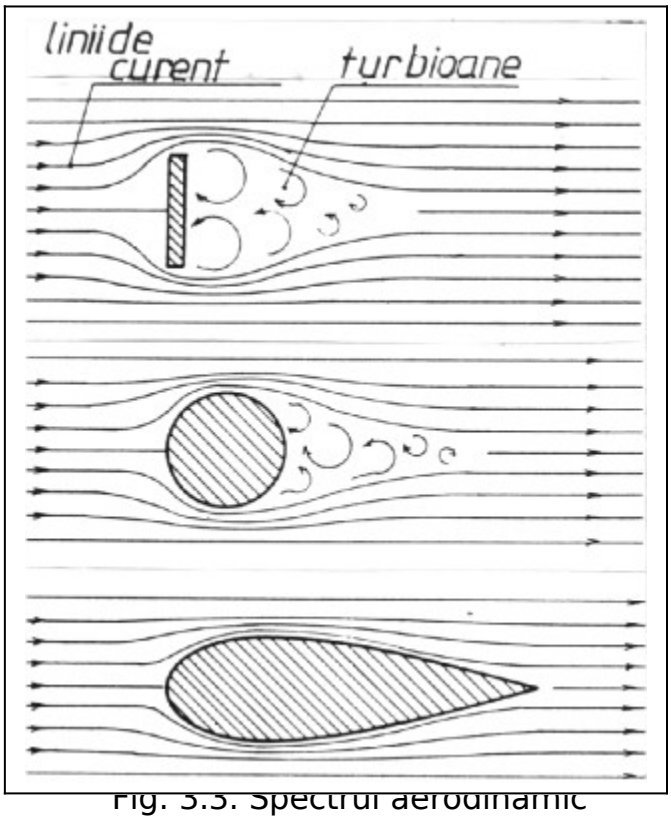


Fig. 3.3. Spectrul aerodinamic

5. Legea lui Bernoulli

Bernoulli (1700-1782) a stabilit relaţia de legătură dintre presiunea şi viteza unui fluid incompresibil, ideal (fără frecare), ce se scurge permanent, pornind de la ecuaţia de conservare a energiei.

Astfel, în condiţiile amintite mai sus, suma dintre energiile cinetică şi potenţială a masei de fluid rămâne constantă în orice secţiune a tubului de scurgere, dacă nu există pierderi de energie (vezi Fig. 5.5.).

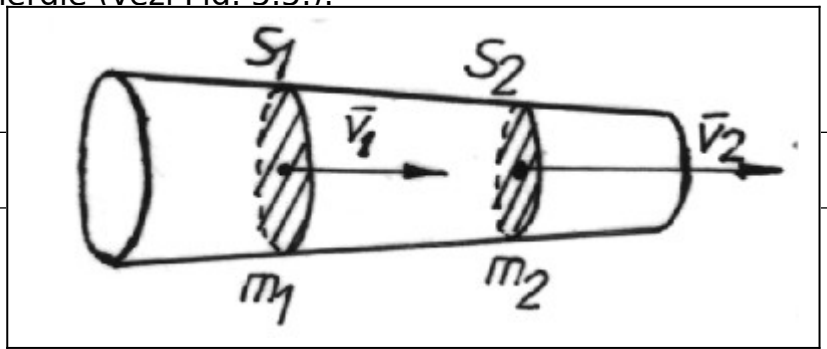


Fig. 4.4. Ecuaţia continuităţii

De aici rezultă, în urma unei scurte prelucrări matematice, că suma dintre *presiunea statică*, *presiunea dinamică* şi cea *hidrostatică* este o constantă (numită *presiune totală*) pentru fiecare secţiune:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 = constant = p_t$$

$$p_i + q_i + \rho g h_i = p_t \qquad \text{(A.6)}$$

unde:

- presiunea statică p_i = presiunea curentului de fluid asupra unei suprafeţe orientată paralel cu mişcarea;
- presiunea dinamică q_i = presiunea curentului de fluid asupra unei suprafeţe orientată perpendicular pe curent;

$$q_i = \frac{\rho v_i^2}{2} \qquad \text{(A.7)}$$

- presiunea hidrostatică ($\rho g h_i$) = presiunea datorată greutăţii coloanei de fluid;
- presiunea totală (p_t) = suma celorlalte presiuni şi este constantă.

Dacă $h_1 = h_2$, termenul $\rho g h$ se simplifică şi legea lui Bernoulli devine:

$$p_s + q = p_t , \qquad \text{(A.8)}$$

exprimând faptul că, în condiţiile date, la o creştere a vitezei de curgere a fluidului într-o secţiune, corespunde o micşorare a presiunii statice în acea secţiune, şi invers.

Legea lui Bernoulli are numeroase aplicaţii practice, explicând diverse fenomene, ca de exemplu:

- atracţia între două vapoare ce se deplasează paralel;
- funcţionarea pulverizatorului;
- smulgerea acoperişurilor pe timpul furtunilor;
- măsurarea vitezei cu tubul Pitot (vezi Fig. 5.7.);

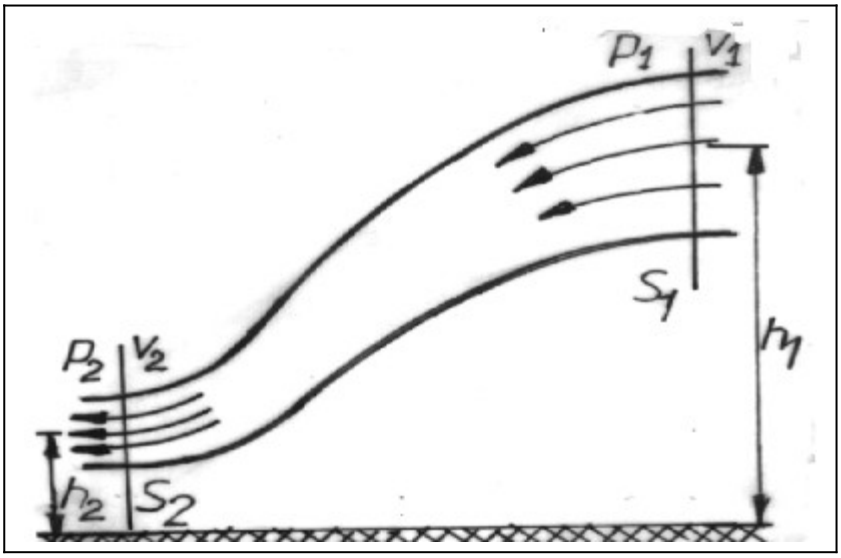


Fig. 5.5. Legea lui Bernoulli

Considerând două particule de fluid care plecă în acelaşi timp de la bordul de atac al profilului, datorită conservării masei (ecuaţia continuităţii), ele trebuie să ajungă în acelaşi timp la bordul de fugă.

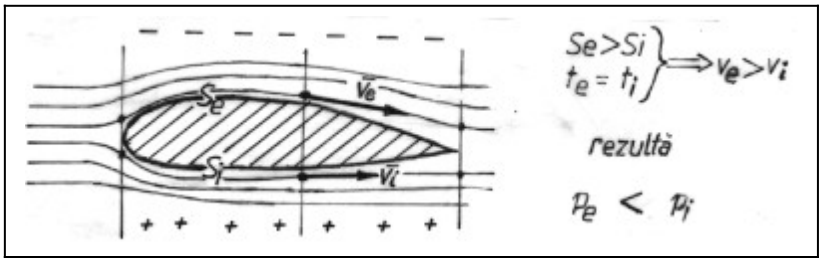
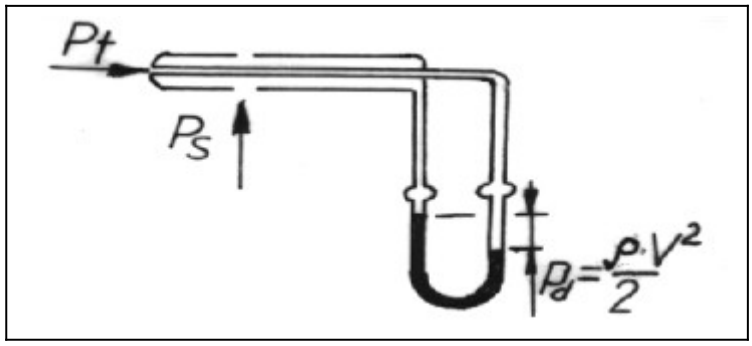


Fig. 5.6. Apariţia forţei portante

Datorită caracteristicilor geometrice ale profilelor aerodinamice, drumul pe care-l are de parcurs particula de pe extrados, este mai mare ca cel de pe intrados, de unde rezultă o viteză mai mare pe extrados şi, conform legii lui Bernoulli, o presiune statică mai mică decât cea de pe intrados. Apare, astfel, o forţă, orientată de jos în sus, proporţională cu diferenţa dintre presiuni.



6. Rezistenţa la înaintare

Rezistenţa la înaintare este o forţă ce se opune mişcării oricărui corp care se deplasează într-un fluid, deci şi în aer. În jurul acestuia apare o zonă de influenţă caracterizată printr-o modificare a presiunii aerului faţă de presiunea mediului înconjurător.

În faţa corpului va apare o *creştere de presiune*, iar în spatele său, o *depresiune* (vezi Fig. 3.3. şi 6.8.).

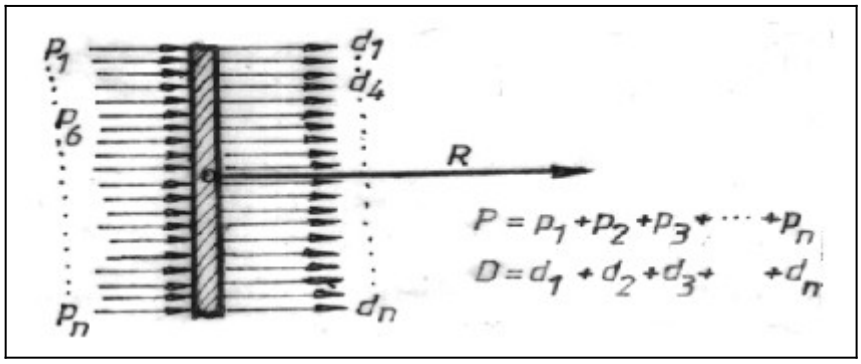


Fig. 6.8. Presiuni şi depresiuni

Presiunea ia naştere datorită ciocnirii moleculelor de aer cu suprafaţa frontală a corpului.

Depresiunea ia naştere datorită locului gol lăsat în urma sa de corpul în mişcare.

Dacă punem în tunel o placă perpendiculară pe direcţia curentului de aer, aceasta va opune masei de aer o rezistenţă care se numeşte *rezistenţă de formă* şi se datorează diferenţei de presiune din faţa şi din spatele corpului (vezi Fig. 6.8.).

Valoarea acesteia depinde de forma corpului.

Dacă aşezăm placa paralel cu direcţia curentului, vom observa că apare şi acum o rezistenţă (măsurată în tunel), numită *rezistenţă de frecare,* care este determinată de frecarea fileurilor de aer cu suprafaţa corpului.

Putem afirma deci că rezistenţa pe care o opune un corp aerului în mişcare este compusă din rezistenţa de formă şi cea de frecare şi poartă numele de *rezistenţă de profil*.

Continuând experienţele, prin modificarea, pe rând, a câte unui parametru:
- suprafaţa corpului;
- viteza fluidului;
- densitatea fluidului,
- forma corpului,

vom observa modul în care variază rezultatul măsurătorii forţei rezistente (vezi Fig. 6.9.) şi vom putea trage următoarele concluzii:

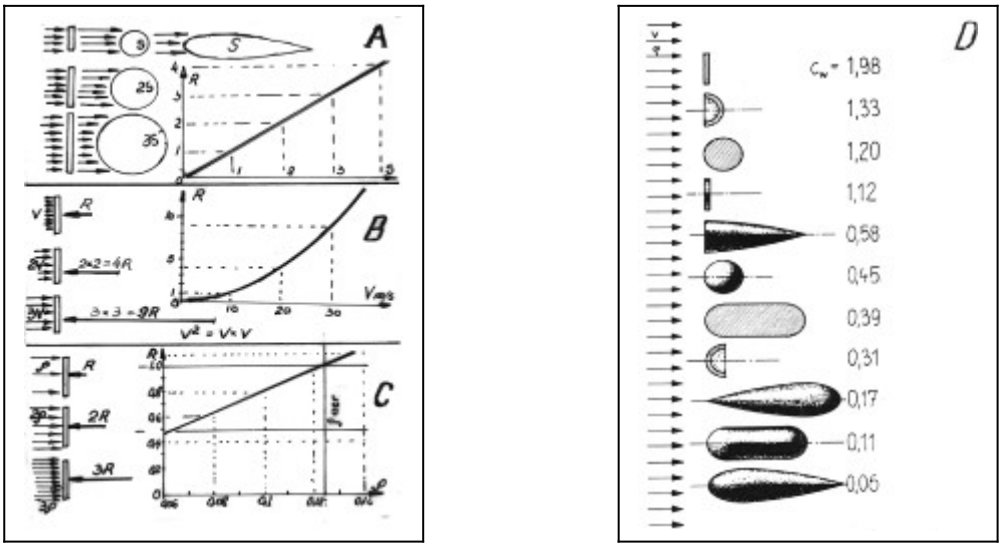


Fig. 6.9. Rezistenţa la înaintare

- rezistenţa la înaintare variază liniar cu suprafaţa ***S*** a corpului (vezi Fig. 6.9.A.);
- rezistenţa la înaintare variază parabolic cu viteza ***v*** a fluidului (vezi Fig. 6.9.B.);
- rezistenţa la înaintare variază liniar cu densitatea ρ (vezi Fig. 6.9.C.);
- rezistenţa la înaintare variază cu forma, starea suprafeţei şi poziţia corpului faţă de fileurile de aer, prin intermediul coeficientului adimensional C_x (vezi Fig. 6.9.D.).

Astfel mărimea ***R*** a rezistenţei aerului poate fi exprimată prin formula:

(A.9) $$R = \frac{1}{2} S v^2 C x \rho Kgf)$$

unde:
1/2 = coeficient de proporţionalitate;
ρ = densitatea aerului în Kgf s^2/m^4;
v = viteza curentului (corpului) în m/s;
S = suprafaţa frontală (proiecţia corpului pe un plan perpendicular pe direcţia fileurilor de aer) în m^2 - în cazul corpurilor numite "de rezistenţă"
S = suprafaţa portantă (proiecţia corpului pe un plan paralel cu direcţia fileurilor de aer) în m^2 - în cazul corpurilor numite "portante"(aripi, ampenaje, etc.),
C_x = coeficient adimensional care caracterizează forma, starea suprafeţei şi poziţia corpului faţă de fileurile de aer.
Ecuaţia (A.9) mai poate avea forma:

(A.10) $$R = \frac{\rho v^2}{2} Sc,$$

punând în evidenţă termenul:

$$\frac{\rho v^2}{2} = \text{presiune dinamica}$$

7. Forţa totală aerodinamică, portanţa şi rezistenaţa la înaintare

Forţa totală aerodinamică (notată F_t sau F_a), care acţionează asupra unui corp ce se deplasează în mediul aerian, reprezintă de fapt *rezistenţa* pe care o opune aerul în timpul mişcării corpului.

Aşezând în tunelul aerodinamic, placa folosită în experienţele anterioare, înclinat, cu un anumit unghi faţă de direcţia fileurilor de aer, vom observa că apare o forţă ce tinde să o deplaseze în sensul mişcării aerului şi în sus.

De asemenea, vom observa formarea unor zone de vârtejuri pe extradosul şi intradosul plăcii (vezi Fig. 7.10.)

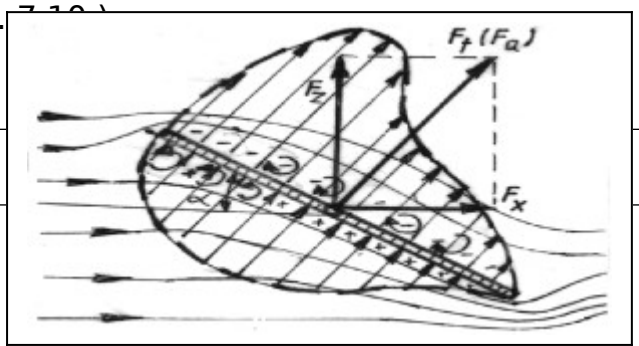


Fig. 7.10. Forţe pe plan înclinat

Din cele arătate până acum, putem trage următoarele concluzii:

a. forţa totală aerodinamică ia naştere datorită:

- diferenţei de presiune ce apare pe partea inferioară şi cea superioară a corpului, având ca rezultat o forţă care tinde să ridice corpul;
- diferenţei dintre presiunile ce apar pe partea anterioară şi pe partea posterioară corpului;
- frecării aerului cu suprafaţa corpului, având ca rezultat, împreună cu diferenţa de presiune de la punctul anterior, o forţă
- care tinde să rotească placa, sau altfel spus să o încline, în sensul mişcării maselor de aer.

b. în mod analog cu rezistenţa la înaintare, forţa totală aerodinamică este dată de relaţia:

$$F_a = \frac{\rho v^2}{2} S c_a \ (Kgf) \qquad \text{(A.11)}$$

unde:

ρ, v, S au aceeaşi semnificaţie ca în paragraful precedent (formula A.10), iar C_a este un coeficient adimensional ce depinde de forma, starea suprafeţei şi *unghiul de incidenţă* (vezi A.8.) al corpului numit *coeficientul forţei totale aerodinamice.*

Uzual, din motive practice, $\boldsymbol{F_a}$ se descompune după două componente perpendiculare $\boldsymbol{F_x}$ şi $\boldsymbol{F_z}$ vezi Fig. A.7.10.), astfel încât:

$$F_a = \sqrt[2]{F_x^2 + F_z^2}, \text{ unde:} \qquad \text{(A.12)}$$

- F_x = componenta paralelă cu direcţia fileurilor de aer, numită *rezistenţa la înaintare*;
- F_z = componenta perpendiculară pe direcţia fileurilor de aer, numită *portanţă*.

Expresiile celor 2 componente sunt analoge cu expresia lui $\boldsymbol{F_a}$:

$$F_x = \frac{\rho v^2}{2} S c_x \ (Kgf) \qquad \text{(A.13)}$$

$$F_z = \frac{\rho v^2}{2} S c_z \ (Kgf), \qquad \text{(A.14)}$$

unde ρ, v, S au fost definite, iar:
- C_z = coeficient de portanţă, adimensional;
- C_x = coeficient de rezistenţă la înaintare, adimensional.

Se poate deduce acum, că:

$$C_a = \sqrt{C_x^2 + C_z^2}. \qquad \text{(A.15)}$$

Mai observăm acum, că dacă acoperim zonele de turbulenţă situate deasupra şi dedesubtul plăcii, din tunelul aerodinamic, cu nişte suprafeţe materiale, vom obţine un corp de o formă specială al cărui studiu îl prezentăm în capitolul IV 8.

8. Profilul de aripă

Reprezintă o secţiune transversală printr-o aripă şi este un corp optimizat din punct de vedere aerodinamic, în sensul de a dezvolta o forţă portantă cât mai mare şi o forţă rezistentă la înaintare cât mai mică.

Elementele unui profil sunt următoarele (vezi Fig. 8.11.):

- *coarda profilului* ***c*** este linia ce uneşte cele două puncte extreme de pe profil (AB = *c*);
- *grosimea profilului* ***e*** reprezintă înălţimea maximă a profilului. Grosimea se măsoară perpendicular pe coardă;
- *grosimea relativă* $\boldsymbol{e_m/c}$ este raportul dintre grosimea maximă şi coardă;
- *bordul de atac* (A) este punctul cel mai din faţă al profilului. *Bordul de atac este punctul (linia) cu care o aripă loveşte în mişcare masele de aer*;
- *bordul de fugă* (B) este punctul cel mai din spate al profilului. Se mai numeşte *bord de scurgere* deoarece este locul prin care masele de aer părăsesc profilul. În aceast punct stratul limită de pe extrados se uneşte cu stratul limită de pe intrados (vezi 31.77.);
- prin *extrados* se înţelege partea superioară a profilului cuprinsă între bordul de atac şi cel de fugă;
- prin *intrados* se înţelege partea inferioară a profilului cuprinsă între bordul de atac şi cel de fugă;
- *linia mediană a profilului* **l** este linia care uneşte bordul de atac cu cel de fugă şi are proprietatea că orice punct al ei este egal depărtat de intrados şi extrados. Această linie se mai numeşte şi *scheletul profilului*.
- *săgeata* sau *curbura maximă a profilului* ***f*** este distanţa maximă dintre linia mediană şi coardă;

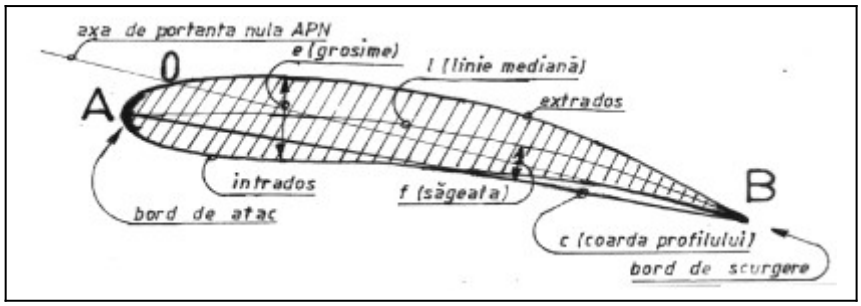


Fig. 8.11. Elementele profilului

- prin *curbura relativă a profilului (săgeată relativă)* **(*f/c*)** se înţelege raportul dintre săgeata maximă ***f*** şi coarda profilului ***c***;
- *axa de portanţă nulă* (linia OB) reprezintă axa care atunci când este orientată după direcţia curentului, pe profil nu apare forţă portantă. La profilele asimetrice, axa de

portanţă nulă face cu coarda profilului un unghi de incidenţă α_{PN}. La profilele simetrice $\alpha = 0^o$

8.1. Tipuri de profile

Clasificarea profilelor se face după mai multe criterii dintre care cele mai importante sunt:

a. **constructiv**, profilele se împart în 2 categorii:

- profile *clasice* la care grosimea maximă se află la cca. 30% din coarda profilului;
- profile *laminare* la care grosimea maximă se află la cca. 40-70% din coarda profilului.

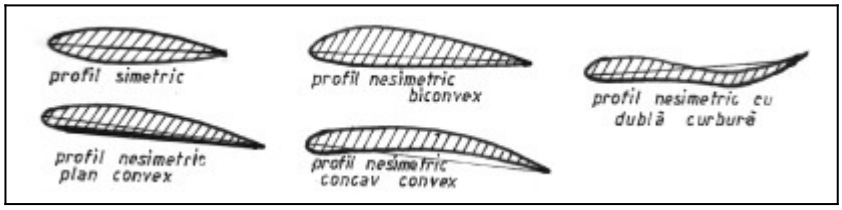


Fig. 8.12. Clasificarea profilelor după curbură

b. după **grosimea relativă**, profilele se împart în:

-profile *subţiri* (grosime mai mică de 8% din coardă);
- profile *mijlocii* (au o grosime între 8% şi 13% din coardă);
- profile *groase* (au o grosime mai mare de 13% din coardă).

c. după **curbură**, profilele se clasifică în (vezi Fig. 8.12.):

- profile *simetrice*;
- profile *nesimetrice*:
  - planconvexe;
  - biconvexe;
  - concav-convexe;
  - cu dublă curbură.

8.2. Unghiul de incidenţă

Unghiul format de direcţia curentului de aer cu coarda profilului se numeşte unghi de incidenţă (unghi de atac).

Unghiul de incidenţă poate fi:

- *pozitiv* = unghiul cuprins între coarda profilului şi direcţia curentului de aer ce atacă profilul pe intrados;
- *negativ* = unghiul cuprins între coarda profilului şi direcţia curentului de aer ce atacă profilul pe extrados;
- *nul* = în cazul când curentul de aer loveşte profilul din faţă şi mişcarea corespunde, ca direcţie, liniei ce reprezintă coarda profilului.

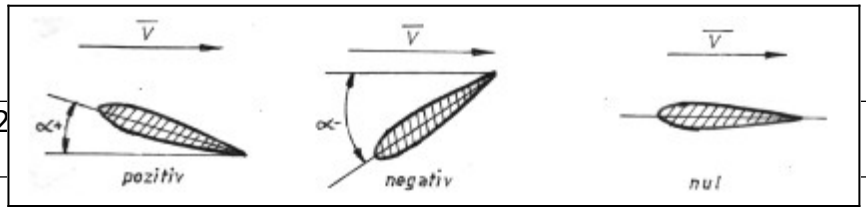


Fig. 8.13. Unghiuri de incidenţă

9. Aripa

9.1. Clasificarea aripilor după forma în plan

a. aripa dreptunghiulară;
b. aripa dreptunghiulară cu colţuri rotunjite;
c. aripa trapezoidală;
d. aripa trapezoidală cu colţuri rotunjite;
e. aripa eliptică;
f. aripa în săgeată, etc.(vezi Fig. A.9.14).

9.2. Caracteristicile geometrice ale aripii

a. *anvergura aripii* ***L*** reprezintă lungimea aripii de la un capăt la altul. În mod normal la planoare aceasta variază între 10-25 m;
b. *profunzimea aripii* ***c*** reprezintă lăţimea aripii într-o anumită secţiune. Distingem:
- profunzimea aripii *în axul fuselajului* $\boldsymbol{c_i}$;
- profunzimea aripii *la capete* $\boldsymbol{c_c}$;
- profunzimea *medie* ***c*** (vezi Fig. 9.15.).

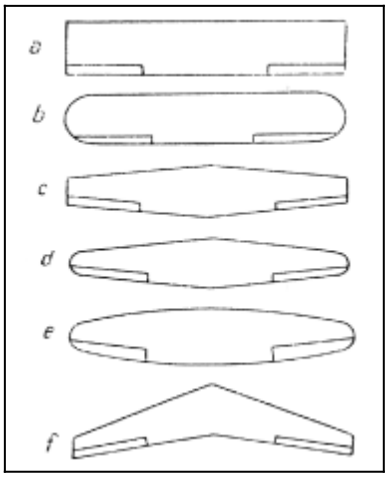


Fig. 9.14. Clasificarea aripilor după forma în plan

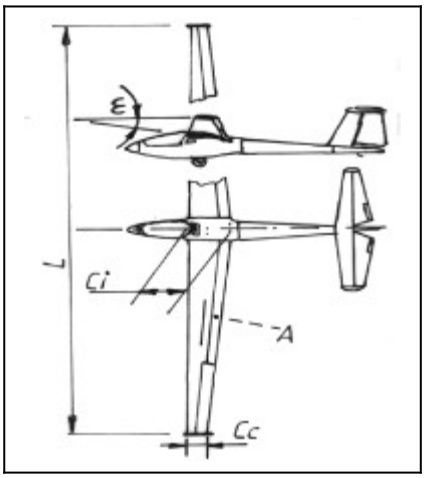


Fig. 9.15. Caracteristice geometrice ale aripii

$$c = \frac{c_i + c_c}{2} \quad sau \quad c = \frac{A}{L},$$

unde A este suprafaţa aripii.

În mod normal, la planoare ***c*** variază între 0.5 şi 2 m.;

- *coarda medie aerodinamică* ***CMA*** reprezintă coarda unei aripi dreptunghiulare echivalente, care are aceeaşi suprafaţă şi anvergura cu aripa considerată.

c. *suprafaţa aripii* ***A***; se consideră făcând parte din ***A*** şi porţiunea de fuselaj cuprinsă între cele două planuri. În mod normal la planoare ***A*** variază între 8 şi 25 m^2;

d. *alungirea aripii* λ reprezintă raportul dintre anvergura aripii şi coarda medie pentru aripile trapezoidale şi dreptunghiulare,

$$\lambda = \frac{L}{c},$$

$$\lambda = \frac{L^2}{A}$$

sau raportul dintre pătratul anvergurii şi suprafaţa pentru o aripă oarecare:

λ este adimensional şi, în mod normal, la planoare, variază între 8 şi 35.

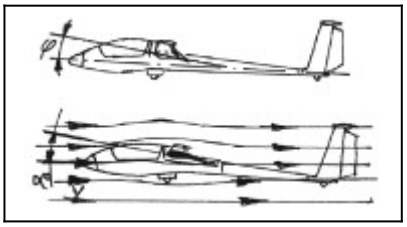
9.3. Unghiurile aripii

a. *Unghiul de calaj al aripii* φ reprezintă unghiul pe care-l face coarda profilului aripii la încastrarea în fuselaj cu axa de simetrie longitudinală a planorului (vezi Fig. 9.16);

b. *Unghiul de incidenţă* φ reprezintă unghiul pe care-l face coarda profilului cu direcţia curentului de aer ce atacă profilul pe intrados (vezi Fig. 9.16);

c. *Unghiul de torsiune al aripii* φ reprezintă unghiul dintre coarda profilului aripii la încastrare şi coarda profilului aripii la capetele sale (vezi Fig. 9.15.).

Această rotire a profilului se face în sensul micşorării incidenţei sale spre bordurile marginale;



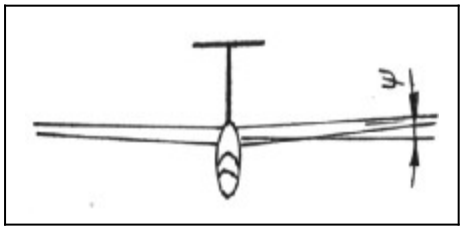
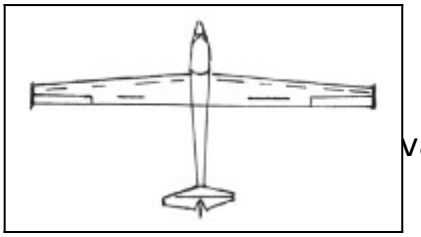


Fig. 9.16. Unghiurile aripii

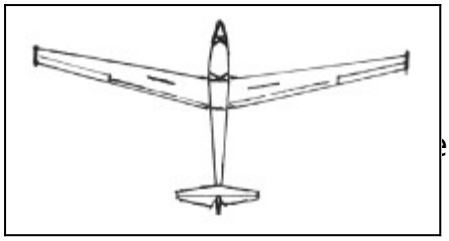
Fig. 9.17. Diedrul aripii

d. *Unghiul diedru al aripii* $\exists$ reprezintă unghiul format de orizontală cu linia mediană a aripii (vezi Fig. 9.17.).

e. *Unghiul de săgeată al aripii* χ reprezintă unghiul format de axa aripii cu axa transversală de simetrie a planorului. Unghiul de săgeată poate fi:
- pozitiv (vezi Fig. 9.18.);
- negativ (vezi Fig. 9.19.);



vă

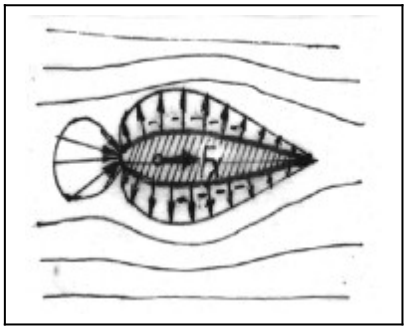


egativă

10. Repartiţia presiunilor pe profil

În urma experienţelor efectuate în tunelul aerodinamic se observă că, la unghiuri de incidenţă nule, pe extrados cât şi pe intrados vor exista depresiuni care se vor anula. Neexistând în final forţă portantă, asupra profilului va acţiona doar forţa de rezistenţă la înaintare (vezi Fig. 10.20.).

În zbor, la unghiuri de incidenţă mici (pentru planoare, unde vitezele sunt relativ mari), pe extrados şi intrados vor exista depresiuni şi, respectiv, presiuni care vor da, prin însumare, forţa portantă, iar pe bordul de atac va acţiona o presiune care constituie forţa de rezistenţă la înaintare (vezi Fig. 10.21.).



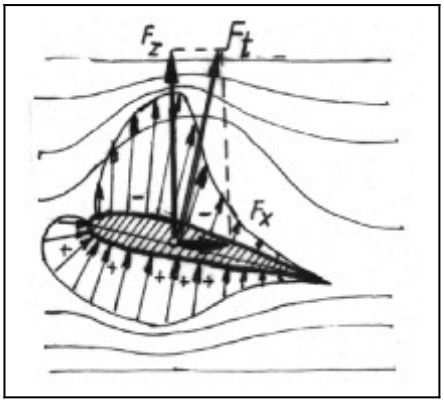


Fig. 10.21

Fig. A.10.22 a

La unghiuri normale de incidenţă, pozitive, caracterul repartizării presiunilor pe profil este cel arătat în Fig. 10.22.

Observăm, în această situaţie, creşterea pronunţată a depresiunilor de pe extrados, fapt care duce la o *creştere accentuată a forţei portante* F_z

În timpul zborului, la unghiuri de incidenţă apropiate de cele critice, zona de depresiune va fi deplasată spre bordul de atac, iar pe intrados se observa o creştere a presiunilor. În această zonă forţa portantă este apropiată de valoarea maximă (vezi Fig. 10.23.)

După depăşirea unghiului critic, zonele de presiune şi depresiune, se vor însuma, dând o forţă de rezistenţă la înaintare mare şi o portantă mică.

Pe profilele cu dublă curbură repartiţia presiunilor şi depresiunilor este deosebită, putând exista pe extrados atât presiuni, cât şi depresiuni (vezi Fig. 10.24.).

Profilele laminare prezintă repartiţii de presiuni cu *valori maxime* reduse şi contururi aplatizate în comparaţie cu celelalte categorii.

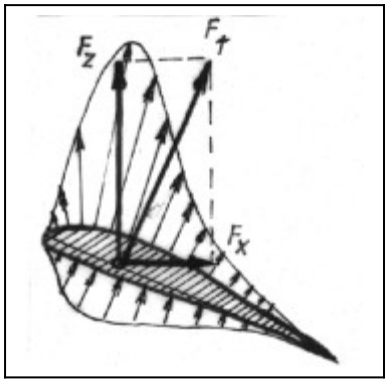


Fig. 10.22 b

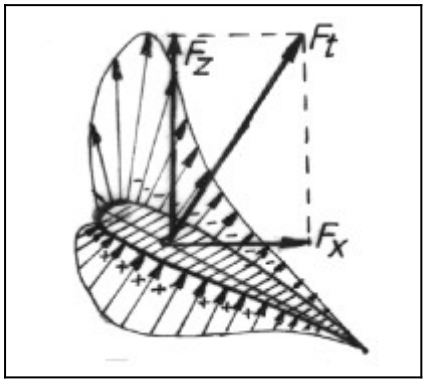


Fig. 10.23

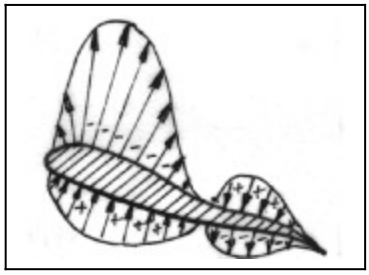


Fig. 10.24. Repartiţia presiunilor pe profile cu dublă curbură

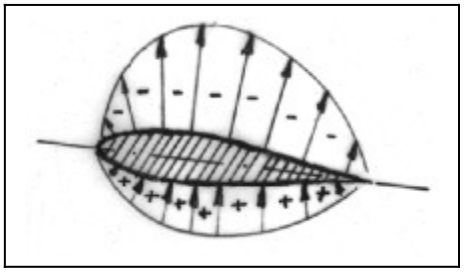


Fig. 10.25. Repartiţia presiunilor pe profile laminare

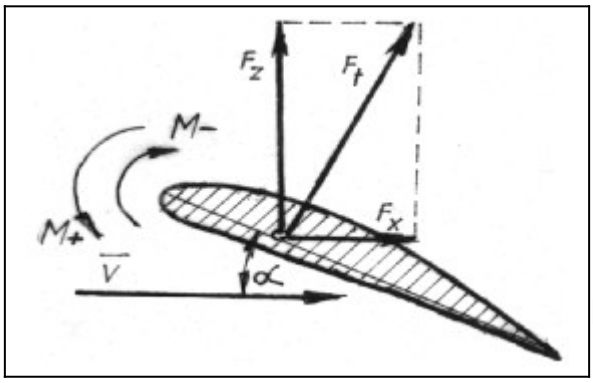
10.1. Forţe şi momente

În timpul zborului, pe profilul aripii iau naştere următoarele forţe deja cunoscute şi momente aerodinamice:

$$F_a = \frac{\rho v^2}{2} S c_a \ (Kgf)$$

formată din componentele:

$$F_x = \frac{\rho v^2}{2} S c_x \ (Kgf) \qquad F_z = \frac{\rho v^2}{2} S c_z \ (Kgf),$$



$F_x^2 + F_z^2 = F_a^2$, rezultă: $F_a = \sqrt{F_x^2 + F_z^2}$ *si*

M = momentul aripii faţă de bordul de atac;

(A.16)

(A.16) $M = \frac{\rho v^2}{2} S c \, c_m \ (Kgf)$

unde:
ρ, S şi v au aceeaşi semnificaţie ca în paragrafele anterioare;
c este coarda profilului în m;
C_m este un coeficient de moment (adimensional).

10.2. Centrul de presiune şi variaţia sa

Toate forţele care iau naştere pe profile se vor însuma într-un punct numit *centru de presiune*, dând naştere unei forţe rezultantă, numită forţă aerodinamică totală $\boldsymbol{F_t}$ sau $\boldsymbol{F_a}$.

Centrul de presiune mai poate fi definit ca fiind punctul de intersecţie al liniei de acţiune a forţei aerodinamice totală, cu coarda profilului.

Să notăm faptul că variaţia centrului de presiune are o importanţă deosebită la calculul de stabilitate al aeronavei, sau la cel legat de structura de rezistenţă a aripii. Forţa aerodinamică totală $\boldsymbol{F_t}$ îşi va schimba punctul de aplicaţie funcţie de unghiul de incidenţă. Această schimbare a poziţiei centrului de presiune se datorează faptului că presiunile de pe intrados şi depresiunile de pe extrados îşi vor schimba poziţia funcţie de unghiul de incidenţă.

Astfel, se observă că centrul de presiune se apropie de bordul de atac la unghiuri cuprinse între 20°-15°, iar la unghiuri cuprinse între 15°-0° se depărtează de bordul de atac pentru tipul de profil considerat.

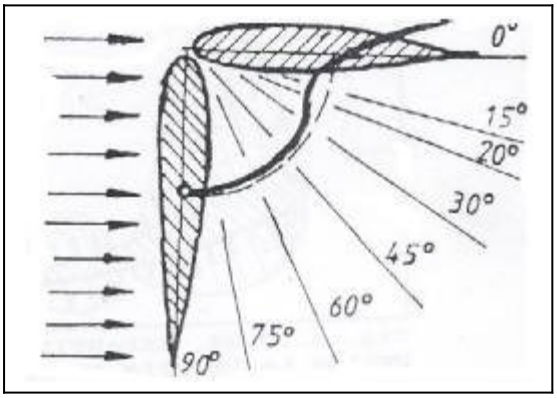


Fig. 10.27. Variaţia centrului de presiune

11. Rezistenţa indusă

În cadrul studiilor efectuate în tunelul aerodinamic, datorită condiţiilor speciale de experienţă, aripile cercetate pot fi considerate de anvergură infintă. În realitate însă, aripile au anvergura finită şi în acest caz, aerul va căuta să-şi echilibreze presiunea de pe intrados şi extrados pe la capătul aripii.. Acest lucru va crea o zonă turbionară care va duce la micşorarea forţei portante şi, repectiv la creşterea rezistenţei la înaintare.

Dacă studiem aerodinamic acest fenomen, vom vedea că particulele de aer, în curgerea lor, nu mai sunt paralele cu coarda profilului, ele fiind deviate pe extrados spre interior iar pe intrados, spre exterior.

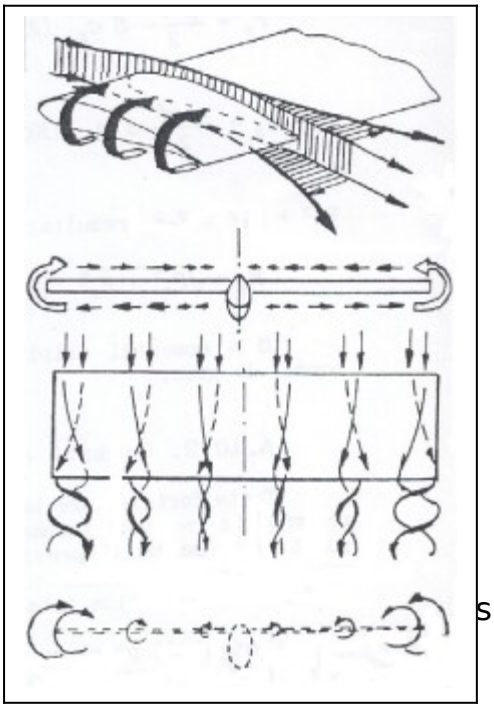
Datorită acestui lucru, diferă viteza de deplasare a maselor de aer de pe intrados faţă de cele de pe extrados. Această diferenţă va duce la crearea unei zone

turbionare la capătul aripii şi a unei pânze de vitejuri la borul ei de fugă (vezi Fig. 11.28.). Turbioanele sunt cu atât mai mari cu cât şi profunzimea aripii este mai mare.

În concluzie, putem spune că *rezistenţa indusă este forţa care ia naştere pe aripă din tendinţa de egalizare a presiunilor de pe intrados şi a depresiunilor de pe extrados.*

În Fig. 11.28. putem observa cum, datorită turbulenţei generate de tendinţa de egalizare a presiunilor pe profil, apare o viteză indusă ***w/2*** (ca o medie între viteza indusă în amonte de profil, ***w***=0, şi aval de profil, ***w=w***), care modifică viteza de cugere a aerului cu unghiul indus α_i, de la ***v*** la ***v'***.

Atunci şi F_z faţă de poziţia neperturbată se înclină cu unghiul indus α_i (pentru a rămâne perpendiculară pe *v'*) devenind F_z'(vezi Fig. 11.29.).



să

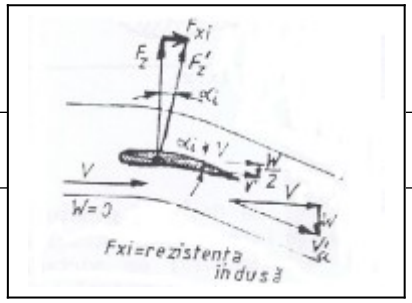


Fig. 11.29

Pentru a putea închide poligonul forţelor, rezultă ca necesară apariţia forţei ***F*xi**, numită *rezistenţă indusă*, paralelă cu direcţia curentului şi opusă sensului mişcării aripii.

Exprimată sub forma clasică:

(A.17) $$F_{xi} = \frac{\rho V^2}{2} S C_{xi} \ (Kgf)$$

unde ρ, *S*, *v*, au semnificaţiile cunocute, iar

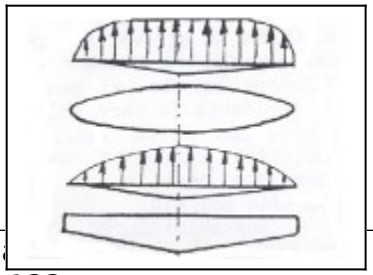
(A.18) $$C_{xi} = \delta \frac{C_z^2}{\pi \lambda}$$

şi este un coeficient adimensional al rezistenţei induse;
- δ = coeficient adimensional legat de forma în plan a aripii (pentru aripa eliptică, δ = 1);
- c_z = coeficient de portanţă;
- π = factor de proporţionalitate (π = 3.1416);
- λ = alungirea aripii.

11.1. Procedee de reducere a rezistenţei induse

Din studiul lui C_{xi} rezultă imediat şi procedeele de reducere a rezistenţei induse:

a. rezistenţa indusă va avea o valoare minimă în cazul când portanţa va fi repartizată sub forma unei elipse, respectiv vom avea o aripă care are conturul sub formă de elipsă. Totuşi, în practică, acest lucru se realizează greoi şi din acest motiv se folosesc formele geometrice trapezoidale sau parţial trapezoidale, care au coeficienţi δ apropiaţi (vezi Fig. 11.30.);



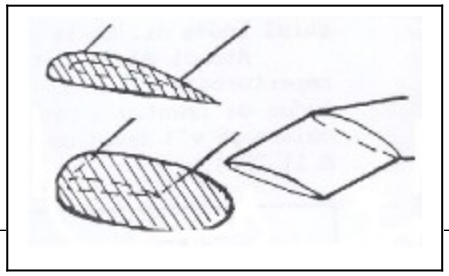


Fig. 11.30. Fig. 11.31

b. termenul λ, găsindu-se la numitorul formulei lui C_{xi}, rezultă că, mărind alungirea aripii, se va micşora rezistenţa indusă;
c. la mărirea unghiului de incidenţă, creşte portanţa prin C_z, creşte diferenţa de presiune pe profil şi corespunzător creşte rezistenţa indusă. Întrucât în planorism se zboară foarte mult în zona vitezelor de înfundare minime (vezi polara planorului), care corespunde zonei de portanţă maximă, respectiv şi rezistenţa indusă mare, se foloseşte în practică metoda de micşorare din construcţie a unghiului de incidenţă spre capătul aripii, procedeu numit *torsionare geometrică*, sau metoda schimbării profilelor aerodinamice spre capătul aripii cu unele mai puţin portante, procedeu numit *torsionare aerodinamică*. Ambele procedee atrag scăderea lui C_z, care este regăsit în numărătorul formulei lui C_{xi}, deci, implicit, reduc rezistenţa indusă.
d. Întrucât metoda măririi alungirii aripii este limitată din motive de ordin constructiv (structura de rezistenţă limitată), se foloseşte suplimentar pentru micşorarea rezistenţei induse montarea bordurilor marginale la capetele aripii, frângerea în jos a aripii la capăt, etc., în scopul de a împiedica formarea turbioanelor marginale (vezi Fig. 11.31.).

12. Diagrama polară

Una dintre cele mai simple şi uzuale reprezentări grafice a coeficienţilor aerodinamici, C_x, C_z, C_m este în funcţie de unghiul de incidenţă (vezi Fig. 12.32.).

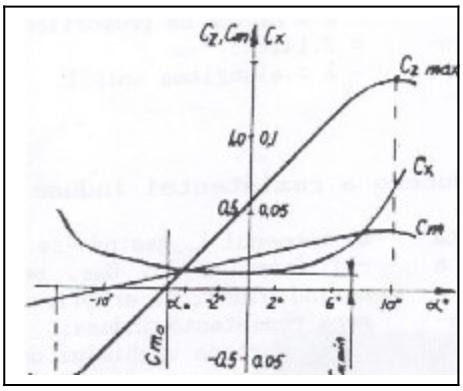


Fig. 12.32. Polara profilului

Studiind cu atenţie astfel de curbe polare, putem realiza calităţile aerodinamice ale diferitelor profile:

a. curba $c_z(\alpha)$ variază liniar în zona incidentelor mici pozitive şi negative. La incidenţe mari, în apropierea lui α_{critic}, alura curbei se modifică, indicând de obicei valori mai mici decât în cazul variaţiei liniare. Acest lucrul se întâmplă datorită fenomenelor de desprindere a fileurilor de aer de pe profil înainte de angajare.

Punctul în care $c_z(\alpha)$ intersectează ordonata, corespunde coeficientului C_z la un unghi de incidenţă de 0°, iar punctul în care $c_z(\alpha)$ intersectează abscisa, corespunde *unghiului de portanţă nulă* α_o. Uzual, α_o are valori cuprinse între -2° şi - 6°.

Pentru un profil simetric, $C_z(\alpha)$ trece prin origine ($\alpha = 0$, rezultă $C_z = 0$) faţă de care va fi simetrică, spre deosebire de un profil asimetric unde $C_{z\,min+}$ este mai mare ca $C_{z\,min-}$.

b. Curba $C_x(\alpha)$ prezintă o variaţie aproximativ parabolică iar în zona incidenţelor mici uneori poate fi considerată liniară. Punctul de intersecţie al curbei cu axa ordonatelor corespunde valorii coeficientului C_x pentru incidenţa nulă. Pentru profilul simetric axa ordonatelor este axa de simetrie.

Având în vedere faptul că în zona incidenţelor uzuale C_z este de 10-20 ori mai mare decât C_x, se obişnuieşte ca scara pentru coeficientul de rezistenţă să fie de 10 ori mai mare decât cea pentru coeficientul de portanţă.

c. Curba $C_m(\alpha)$ variază pentru fiecare profil asemănător cu $c_z(\alpha)$. Valoarea lui $C_m(\alpha)$ pentru unghiul de incidenţă la care valoarea C_z=0, numită C_{mo} ne dă indicaţii asupra variaţiei centrului de presiune, care este cu atât mai mică cu cât C_{mo} este mai mic.

Ansamblul curbelor prezentate în Fig. 12.32. poartă numele de *polară dezvoltată* şi stă la baza calculelor aerodinamice ale suprafeţelor portante.

Toate informaţiile necesare trasării curbei polare dezvoltate se obţin în tunelul aerodinamic, unde se introduce profilul de studiat şi cu ajutorul balanţelor

aerodinamice se determină valorile coeficienţilor de moment, portanţa şi rezistenţa la înaintare (C_m, C_z, C_x). Datele obţinute sunt prelucrate şi trecute într-un tabel din care putem extrage pentru fiecare unghi de incidenţă α, valorile perechi de C_m, C_z, C_x, care apoi sunt trecute pe diagramă (α pe abscisă şi C_m, C_z, C_x, pe ordonată).

α	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	8	12
C_z	8	18	28	38	47	55	62	70	80	90	100	110	130	136
C_x	16	14	12	10	9	10	11	13	15	18	21	25	38	100
C_m	12	15	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42	48	46

Cu ajutorul aceluiaşi tabel se mai poate construi un alt set de două curbe, numit, *diagramă polară*, care constă tot dintr-un sistem de axe ortogonale cu C_x, C_m în abscisă şi C_z în ordonată, reprezentând variaţia lui C_z funcţie de C_x şi C_m funcţie de C_z (vezi Fig. A.12.34.).

La un studiu mai amănunţit al diagramei polare putem remarca următoarele:
- la intersecţia axei absciselor cu C_z (C_x) se află punctul **1** corespunzător situaţiei în care fileurile de aer atacă profilul aripii de-a lungul axei de portanţă nulă **APN**, deci, forţa portantă dezvoltată de aripă este nulă;
- punctul **2** de tangenţă la curba C_z (C_x) a perpendicularei pe axa absciselor ne dă valoarea lui $C_{x\,min}$;

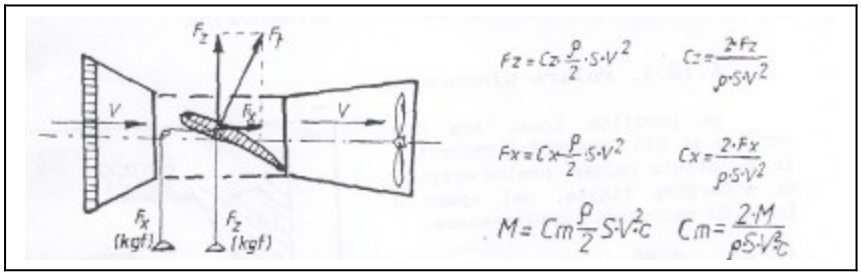
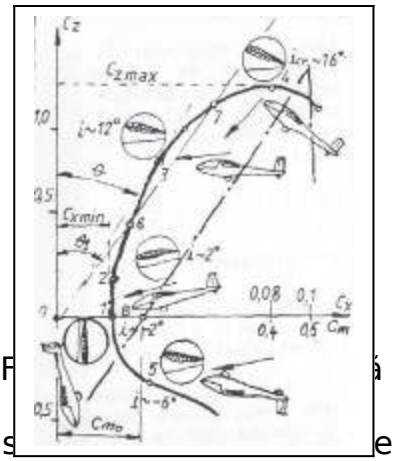


Fig. 12.33. Determinarea valorilor coeficienţilor aerodinamici



F[illegible]á

- ducând din originea "**O**" a sis[illegible]e o tangentă la curba $C_z(C_x)$, obţinem punctul **3**, corespunzător unghiului θ **minim** şi deci raportului $C_z/C_x = km_{axim}$, raport care după cum vom vedea în capitolele următoare, poartă numele de *fineţe aerodinamică*;
- punctul **4** este punctul de tangenţă la $C_z(C_x)$ a perpendicularei pe axa ordonatelor şi ne dă valoarea lui $C_{z\ maxim}$;
- punctul **5** corespunde zborului pe spate cu incidenţe pronunţat negative;
- ducând un segment de dreaptă din originea sitemului de coordonate care intersectează $C_z(C_x)$ în punctele 6 şi 7, obţinem două situaţii în care planorul evoluează cu aceeaşi fineţe caracterizată de unghiul θ_1;
- punctul **8** de intersecţie cu axa absciselor al curbei $C_m(C_z)$ corespunde coeficientului de moment la portanţă nulă.

Trebuie specificat însă faptul că toate aceste determinări efectuate în tunelul aerodinamic, din motive de simplitate, s-au referit la aripi de anvergură infinită (porţiuni de aripă delimitată de pereţi la bordurile marginale, a căror comportare aerodinamică este similară aripilor cu anvergură infinită), pentru care $C_x = C_{x\ profil} = C_{x\ forma} + C_{x\ frecare}$.

Rezultă deci, că din curbele diagramei se pot deduce cu uşurinţă toate caracteristicile profilelor aerodinamice.

12.1. Polara planorului

În practică însă, aşa cum rezultă şi din paragraful referitor la rezistenţa indusă, pentru aripile de anvergură finită, mai apare o forţă de rezistenţă suplimentară:

$$F_{xi} = \frac{\rho V^2}{2} S C_{xi} \quad (Kgf), \qquad \text{(A.19)}$$

(datorită tendinţei de egalizare a presiunilor de pe intradosul şi extradosul profilului) al cărei coeficient C_{xi} cu variaţie parabolică, se adaugă la C_x-ul profilului (vezi Fig. 12.35.), unde:

$$C_{xi} = \frac{C_z^2}{\pi\lambda}\ ,\ (\lambda = \text{alungirea}) \qquad \text{(A.20)}$$

$C_{x\ aripa}(5) = C_{x\ profil}(4) \quad + \quad + C_{x\ indus}(1) = C_{x\ forma}(2) \quad + \quad + C_{x\ frecare}(3) + C_{x\ indus}(1).$

Continuând raţionamentul, se poate trasa polara întregului planor, ţinând cont de următoarele:

- pe lângă aripă (elementul principal în crearea forţei portante), orice planor mai are o serie de alte elemente, cum ar fi fuselajul, ampenajul vertical, trenul de aterizare, etc, care dau naştere numai rezistenţelor numite *rezistenţe pasive*:

$$F_{x\,pasiv} = \frac{\rho\ v^2}{2}\ a\ C_{x\,pasiv}\ ,$$

(A.21)

în Kgf, pentru fiecare element în parte, unde:
- *S*, *v,* au aceeaşi semnificaţie ca în paragrafele anterioare;
- *a,* este suprafaţa frontală a elementului considerat;
- $C_{x\ pasiv}$ este coeficientul rezistenţei pasive.

Făcând operaţii matematice simple, putem defini un coeficient al rezistenţei pasive total, rapotat la aripa planorului $\boldsymbol{C_{x\ pasiv}}$;

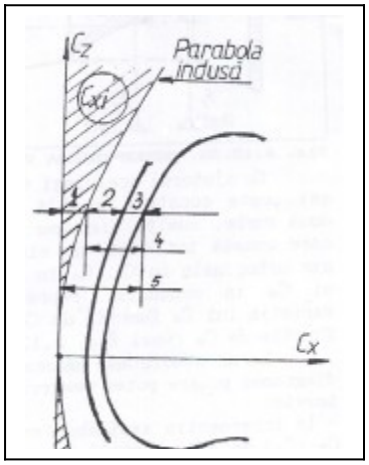
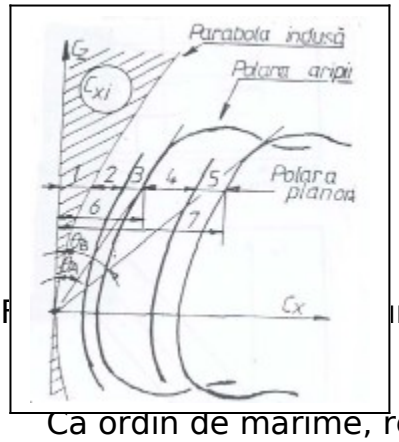
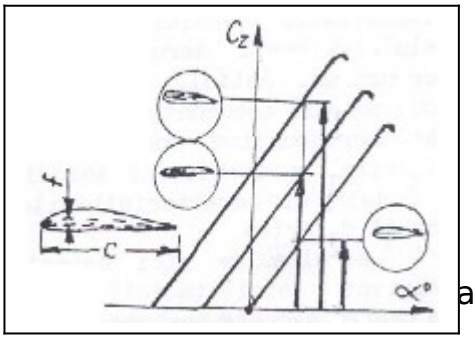


Fig. 12.35. Polara aripii

- s-a mai constatat că diferitele organe ale unui planor interacţionează reciproc din punct de vedere aerodinamic, dând naştere la o aşa numită *rezistenţă de interferenţă* al cărei coeficient este $C_{x\ interferenta}$.



F ura)  anorului

Ca ordin de mărime, rezistenţa de interferenţă reprezintă de obicei 10-20% din rezistenţa pasivă;

- valoarea lui $C_{z\ maxim}$ a planorului este foarte apropiată de $C_{z\ maxim}$ a aripii (vezi Fig. 12.36.)

$C_{x\ planor}(7) = C_{x\ aripa}(6) + C_{x\ pasiv}(4) + C_{x\ inerferenta}(5) =$
$= C_{x\ indus}(1) + C_{x\ forma}(2) + C_{x\ frecare}(3) + C_{x\ pasiv}(4) + C_{x\ inerferenta}(5).$

Demnă de remarcat este *scăderea* considerabilă a *fineţei* aerodinamice în cazul *planorului* în ansamblu *faţă de fineţea* principalului său element portant, *aripa.*

12.2. Variaţia coeficienţilor aerodinamici

Performanţele unui planor depind esenţial de caracteristicile aerodinamice ale profilului aripii.
La rândul lor, aceste caracteristici ale profilului sunt determinate de particularităţile lui geometrice, starea suprafeţei aripii sau felul curgerii în stratul limită:
a. studiul variaţiei coeficienţilor C_m, C_z, C_x, în funcţie de unghiul de incidenţă a fost prezentat în paragraful anterior (Fig. 12.32.);
b. variaţia coeficienţilor C_m, C_z, C_x, în funcţie de curbura profilului este redată în Fig. 12.37., A.12.38. şi A.12.39.. Se observă că, cu cât creşte curbura profilului:

- creşte C_z,C_x şi C_m;
- descreşte unghiul de incidenţă critică;

- variaţia centrului de presiune va fi mai mare.

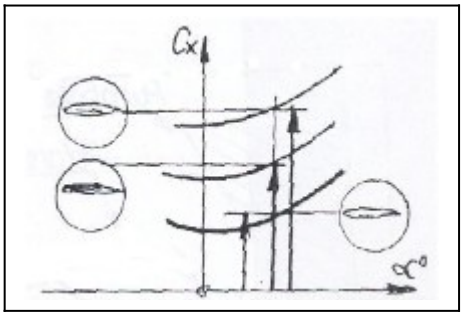


Fig. 12.38. Cx (α şi curbura profilului)

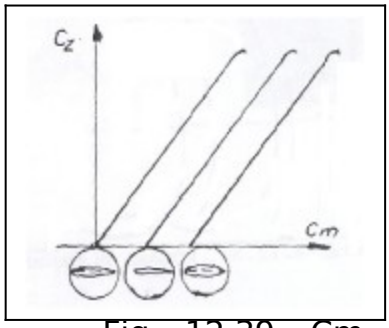


Fig. 12.39. Cm (curbura profilului)

c. variaţia coeficientului C_z şi C_x în funcţie de grosimea relativă a profilului este prezentat în Fig. 12.40. şi 12.41.

Dacă coeficientul de rezistenţă creşte odată cu grosimea profilului, $C_{z\ maxim}$ este cel mai mare la profilele cu grosime relativă mijlocie, iar unghiul de incidenţă critică prezintă o uşoară creştere;

d. variaţia coeficientului de portanţă funcţie de numărul lui Reynolds este prezentată în Fig. 12.42. Cu cât creşte ***Re***, creşte C_{zmaxim} şi α_{critic}.

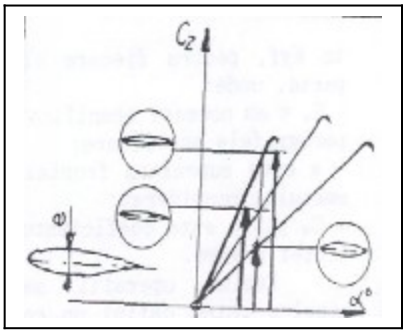


Fig. 12.40. Cz (α, θ relativ)

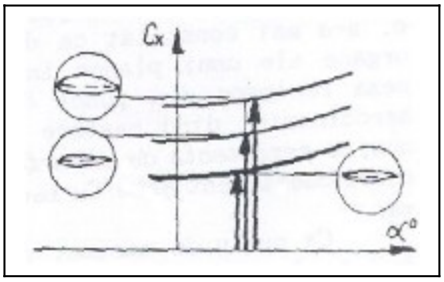
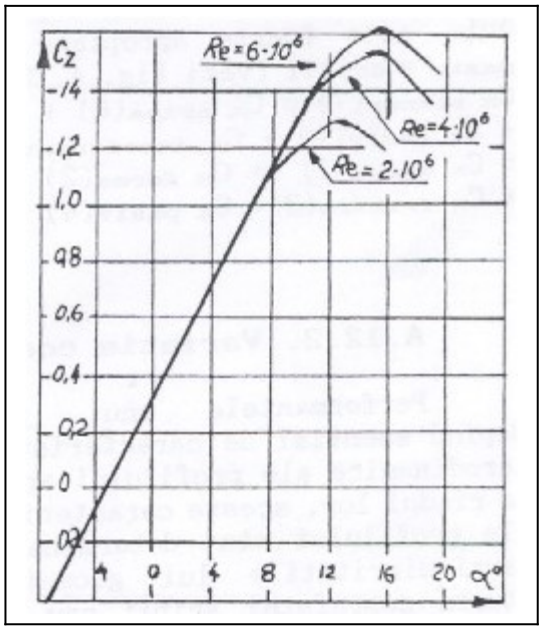


Fig. 12.41. Cx (α şi e relativ)



De menţionat faptul că *Re* este parametrul care ţine cont de efectul vâscozităţii aerului, determinând felul curgerii aerului în jurul corpurilor. Astfel, în situaţia a două corpuri asemănătoare geometric, dar corespunzând unor numere *Re* diferite, spectrele lor aerodinamice, deci şi caracterisiticile lor vor fi diferite.

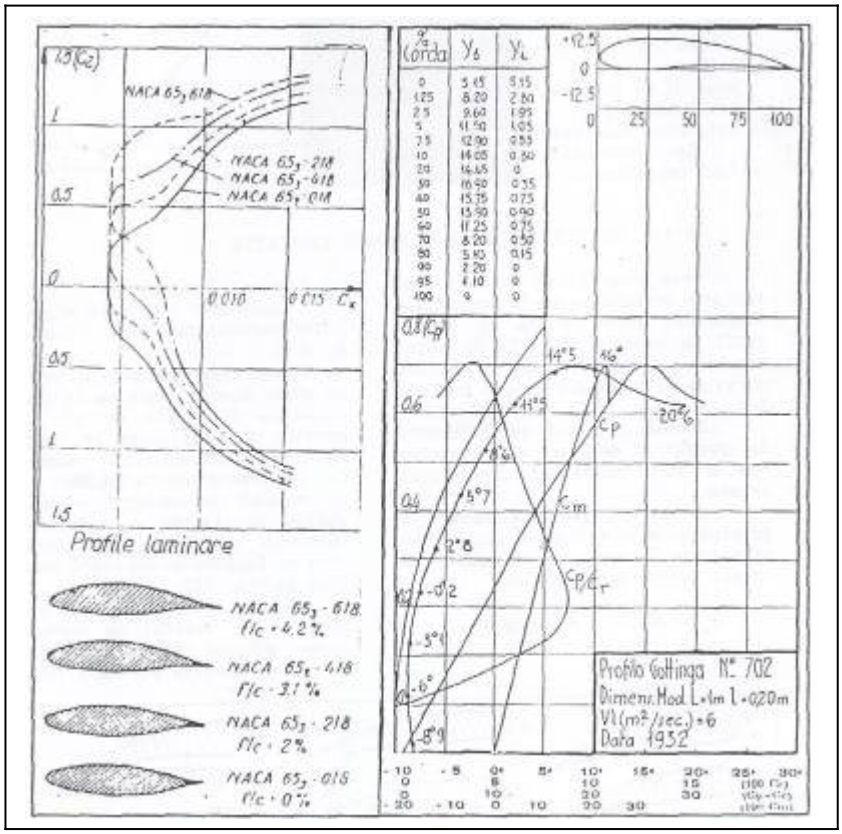


Fig. 12.43. Exemple de polare

Rezultă de aici necesitatea existenţei similitudinii numerelor ***Re*** pentru macheta testată în tunelul aerodinamic şi planorul real; în caz contrar facându-se corectarea de rigoare a coeficienţilor determinaţi.

Numărul Re se poate determina cu o bună aproximaţie cu formula:

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{v l}{\nu} \approx 71 v l, \qquad \text{(A.22)}$$

unde: - v = viteza în m/s;
- l = o lungime caracteristică (coarda aripii sau lungimea fuselajului) în mm.

Exemplu:
Nr *Re* pentru un planor ce se deplasează cu 108 km/h (30 m/s) şi are CMA a aripii de 0.75 m (750 mm) este:
Re = 71 30 750 = 1.597.500.

Pentru planoarele moderne, *Re* variază în intervalul 500.000- 3.500.000.

e. coeficienţii aerodinamici variază uneori semnificativ în funcţie de familia din care fac parte profilele respective.

Spre exemplificare prezentăm caracteristicile câtorva profile extrase din cataloage de specialitate.

13. Repartiţia portanţei în profunzime şi anvergură

Este dată de repartiţia rezultantei presiunilor de-a lungul corzii profilului şi anvergurii aripii.

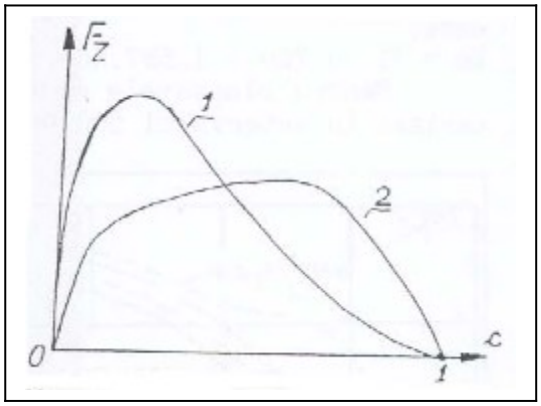


Fig. 13.44.

Repartiţia portanţei în profunzime este prezentată în Fig. 13.44., comparativ pentru un profil clasic (**1**) şi unul laminar (**2**), în domeniul incidenţelor mici caracteristice zborului planat.

Repartiţia portanţei în anvergură, din cauza pierderilor marginale (fenomen studiat în paragraful A.11.), are mai mult sau mai puţin aspectul unei jumătăţi de elipsă funcţie de:
- forma în plan a aripii (Fig. 11.30.);
- unghiul de incidenţă;
- torsiunea aripii;
- existenţa voleţilor.

Din necesităţi practice de calcul aerodinamic, repartiţia portanţei în profunzime şi anvergură este aproximată cu un contur din linii drepte, conform regulamentelor de calcul ale planoarelor.

14. Dispozitive de hipersustentaţie

Prin dispozitive de hipersustentaţie se înţeleg acele organe ale planorului care fac ca la viteze mici, în anumite situaţii de zbor, anormale, (unghiuri de incidenţă mari) să se menţină valoarea portanţei.

Aceste situaţii se întâlnesc în special la decolare şi aterizare sau în timpul spiralării în căminul termic.

De aici reiese că pentru a menţine acceaşi valoare a lui F_z (la viteze mici), va trebui să modificăm un alt factor din formula:

$$F_z = \frac{\rho V^2}{2} S C_z \quad (Kgf)$$

şi anume: C_z sau S.

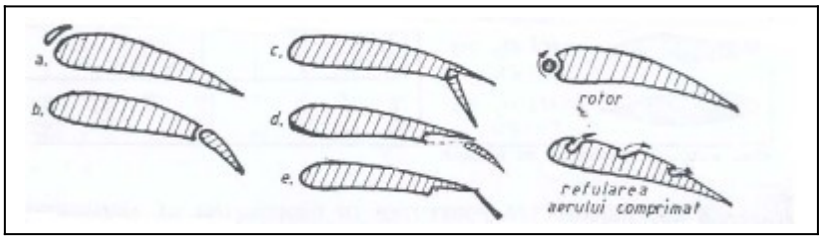


Fig. 14.45. Sisteme de hipersustentaţie

Cele mai cunoscute sisteme de hipersustentaţie sunt (vezi Fig. 14.45.):

a. *fanta fixă sau mobilă* la bordul de atac. Aceasta face ca la unghiuri $\alpha_{critice}$ fileurile de aer să se menţină în continuare pe extrados, rezultând îmbunătăţirea valorii lui C_z. Măreşte portanţa cu 35%;

b. *voletul de curbură cu sau fără fantă*, realizează o modificare a curburii profilelor (o măreşte), ceea ce face să se mărească portanţa până la cca. 50%;

c. *voletul de intrados* are acelaşi scop ca şi voletul de curbură şi anume, măreşte curbura profilului pe intrados. Măreşte portanţa până la cca. 70%;

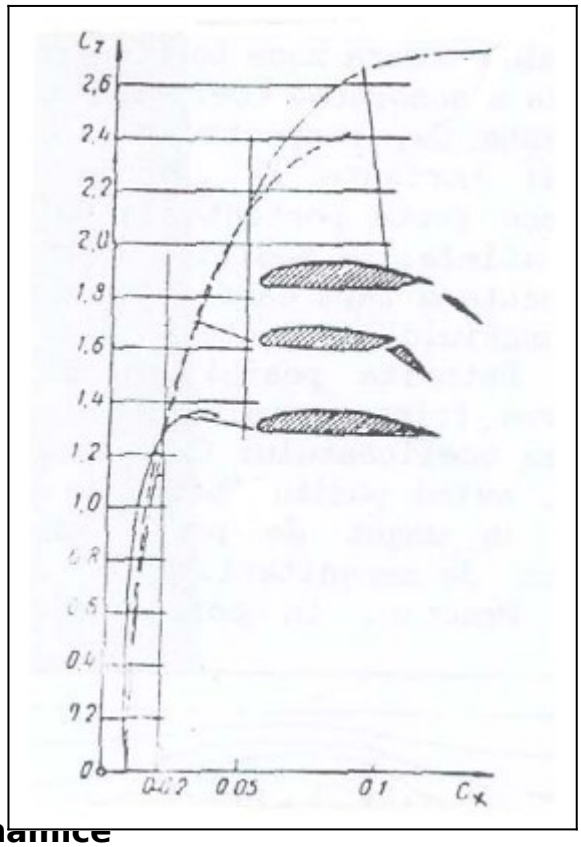
d. *voletul Fowler* are rolul de a mări suprafaţa şi curbura aripii, fapt care detemină o creştere a forţei portante cu până la 140%;

e. *voletul Zapp* este asemănător cu Voletul Fowler, adică măreşte suprafaţa aripii şi modifică curbura profilului prin rotirea cu aproape 180° a unei porţiuni de pe intrados, rezultând creşterea portanţei cu până la 80%.

Pentru a înţelege mai bine funcţionarea dispozitivelor de hipersustentaţie, care la planoare, prin mărirea suprafeţei aripii sau a curburii profilului (vezi paragraful

12.2.), asigură forţa portantă necesară zborului, prezentăm în Fig. 14.46., modificarea polarei aripii sub influenţa voleţilor de cubură.

Trebuie avut în vedere faptul că toate aceste modificări ale lui C_z se vor face în anumite limite de viteze. Acestea se găsesc în notiţa tehnică a planorului şi toţi piloţii trebuie să le cunoască şi să le aplice pentru a evita depăşirea lui α_{critic} în zbor.



15. Frânele aerodinamice

O caracteristică a planoarelor moderne este *fineţea aerodinamică* care ştim că este raportul dintre F_z şi F_x.

În construcţia de planoare se tinde ca acest raport să fie cât mai mare, ceea ce în practică se traduce printr-un unghi de pantă cât mai mic.

Această calitate a planoarelor este indispensabilă în cadrul construcţiilor moderne pentru a se putea parcurge de la o anumită înălţime o distanţă cât mai mare. Totuşi, datorită faptului că C_x este mic au apărut două aspecte negative şi anume:

- planorul poate căpăta în zborul în picaj o viteză care poate pune în pericol rezistenţa mecanică a părţilor componente;
- planorul are unghi de pantă mic, ceea ce face ca în cazul aprecierii prizei de aterizare (mai ales când terenul de aterizare este înconjurat de obstacole înalte), aceasta să nu se poată face corect, necesitând un teren foarte degajat şi lung.

Pentru a elimina aceste neajunsuri s-a recurs la dotarea, din construcţie, a planoarelor cu frâne aerodinamice care au ca scop:

- planorul să nu depăşească viteza maximă în picaj cu frânele scoase,
- să poată fi scurtată şi corectată priza de aterizare.

Cu alte cuvinte se poate spune că frânele aerodinamice au rolul de a înrăutăţi calităţile aerodinamice ale planorului.

Practic, aceste frâne aerodinamice nu sunt altceva decât nişte suprafeţe ortogonale, care la comanda pilotului sunt scoase din aripă şi au ca efect creşterea coeficientului de rezistenţă la înaintare, C_x.

În acest mod, pentru primul caz, se obţine o creştere a rezistenţei la înaintare, fapt ce va face ca viteza să se oprească la o valoare inferioară celei maxime.

În acelaşi timp, frânele aerodinamice crează zone turbionare care duc la micşorarea coeficientului de portanţă C_z, respectiv micşoararea forţei portante F_z. Pentru a se readuce forţa portantă la valoarea ei iniţială, se modifică unghiul de incidenţă α fapt care duce la mărirea unghiului de pantă.

Datorită posibilităţii de a manevra frâna aerodinamică, valoarea coeficentului C_z este variabilă, având posibilitatea de a obţine un unghi de pantă variabil funcţie de necesităţi.

Practic, în construcţia de planoare se folosesc două tipuri de frâne: DFS şi Hutter (vezi Fig. 15.47).

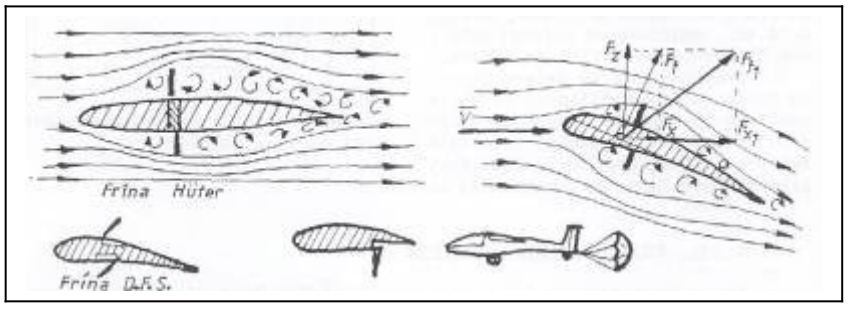


Fig. 15.47. Frâne aerodinamice

Notaţiile folosite în figură sunt următoarele:
- F_x = rezistenţa la înaintare fără frână scoasă;
- F_{x1} = rezistenţa la înaintare cu frână scoasă;
- F_t = forţa aerodinamică totală fără frână scoasă;
- F_{t1} = forţa aerodinamică totală cu frână scoasă;
- C_z/C_x cu frâna scoasă este mai mic ca C_z/C_x fără frâna scoasă.

16. Forţe care acţionează asupra planorului în zbor planat

Zborul planat al planorului este un zbor cu o pierdere permanentă de înălţime. Din acest motiv, zborul planorului poate fi considerat asemănător cu alunecarea unui corp mobil pe un plan înclinat (vezi Fig. 16.48.). Acest lucru se datorează faptului că pentru a asigura viteza necesară zborului, planorul se pune pe o pantă de coborâre astfel încât o componentă a greutăţii G_2 să constituie forţa de tracţiune necesară, anulând rezistenţa la înaintare.

Pentru ca zborul să se execute uniform (viteza să fie constantă, trebuie ca unghiul de pantă sau unghiul de planare ***q***, să fie constant fapt care duce la următorul echilibru de forţe:

Pe de altă parte, unghiul ***j*** = ***q*** ca unghiuri cu laturile perpendiculare,

$$G_1 = F_z \quad F_z = \frac{\rho}{2} v^2 S C_z \quad G_1 = \cos\varphi \frac{\rho}{2} v^2 S C_z = G_{\cos\varphi}$$

$$G_2 = F_x \quad F_x = \frac{\rho}{2} v^2 S C_x \quad G_2 = \sin\varphi \frac{\rho}{2} v^2 S C_x = G_{\sin\varphi}$$

$$\tan\varphi = \frac{F_{xtot}}{F_{ztot}} = \frac{\frac{\rho}{2} S v^2 C_{xtot}}{\frac{\rho}{2} S v^2 C_{ztot}} = \frac{C_{xtot}}{C_{ztot}} = \frac{1}{K}, unde$$

$$K\ este\ finetea\ planorului$$

dar în triunghiul ABC:

$$\tan\theta = \frac{BC}{AB} = \frac{H}{S}$$

unde:
- H = înălţimea la care începe planarea;
- S = distanţa parcursă la sol în timpul planării,

iar în triunghiul vitezelor:

$$\tan\theta = \frac{w}{v_s} \approx \frac{w}{v},$$

(deoarece θ este mic $v \gg v_s$)
unde:
- w = viteza ce coborâre citită de pilot la variometru;
- v = viteza citită de pilot la vitezometru şi transformată în m/s, considerându-se vântul nul.

În concluzie, putem scrie sub forma unui şir de rapoarte egale, următoarele:

$$\tan\varphi = \frac{F_{x\,tot}}{F_{z\,tot}} = \frac{C_x}{C_z} = \frac{1}{K} = \frac{H}{S} = \frac{w}{v} = \tan\theta$$

Din această relaţie se vede că *fineţea planorului* (unghiul de planare) nu depinde decât de caracteristicile aerodinamice al planorului, deci de polara acestuia.

Să călculăm acum viteza de planare:

$$F_z = G_1 \frac{\rho v^2}{2} SCz = G v\cos\theta = \sqrt{\frac{G}{S}\frac{2}{\rho}\frac{\cos\theta}{Cz}},$$

dar ţinând cont de faptul că planoarele moderne au fineţi ridicate (25-50), unghiul θ va fi ma mic de 2° şi deci cu o aproximaţie foarte bună, putem considera $\cos\theta = 1$.

În aceste condiţii:

$$V = \sqrt{\frac{G}{S}\frac{2}{r}\frac{1}{C_z}},$$

de unde rezultă că în situaţia când, în cadrul zborurilor de performanţă, se urmăreşte să se obţină o fineţe maximă cu o viteză de deplasare cât mai mare, se va căuta să se modifice greutatea planorului.

Acest lucru este posibil prin luarea de *balast* de apă în planor. În felul acesta vom mări greutatea planorului şi respectiv la aceeaşi pantă se va mări viteza de zbor, deci vom parcurge aceeaşi distanţă într-un timp mai mic. Totodată, studiind relaţia:

$$w_{cob} = \frac{1}{3{,}6}\frac{V}{K}\ (m/s)$$

observăm că mărind viteza de zbor (datorită balastului), se va mări şi viteza descendentă.

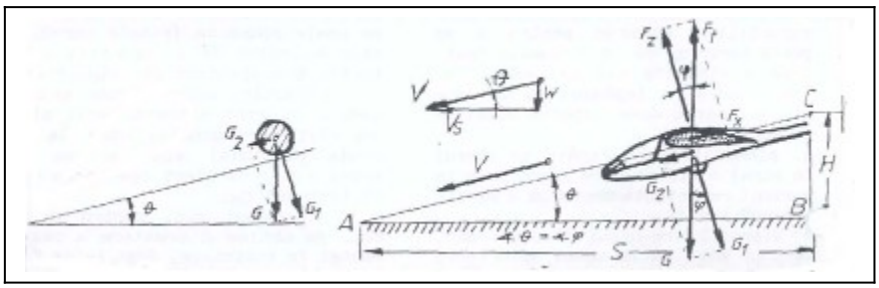


Fig. 16.48. Echilibrul forţelor în zborul planat

Balastul de apă poate fi luat numai de planoarele care au din construcţie montate în aripi sau în fuselaj rezervoare de apă. Aceste rezervoare sunt construite cu posibilitatea de a putea fi golite de către pilot în zbor în cazul când situaţia meteo este slabă, sau când execută aterizarea.

17. Forţele care acţionează asupra planorului în viraj

Virajul este o schimbare de direcţie în plan orizontal, pe o traiectorie curbă.

Din punct de vedere al execuţiei virajele pot fi:

- corecte;
- derapate (aruncate);
- glisate (alunecate).

Virajul corect (vezi Fig. 17.49), este virajul în care avem următorul echilibru de forţe:

$F_{zv} = F_r$, sau, pe componente:

$F_{zo} = G$

$F_{cf} = F_{cp}$, unde:

F_{zo} = forţa portantă în zbor orizontal;

F_{zv} = forţa portantă în viraj;

F_{cf} = forţa centrifugă;

F_{cp} = forţa centripetă.

F_r = rezultanta între G şi F_{cf} .

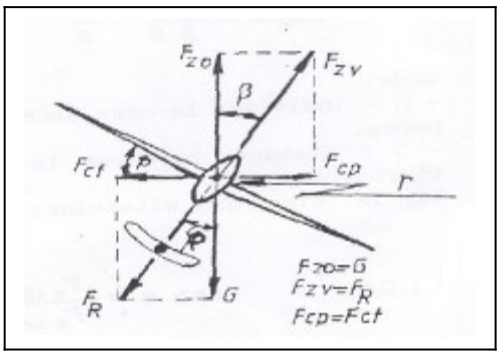


Fig. 17.49 Virajul corect

$$F_{cf} = \frac{G}{g}\frac{v^2}{r};$$

$$dar: \frac{G}{g} = m, \text{ de unde rezulta}$$

$$ca: \quad F_{cf} = \frac{m v^2}{r}, \text{ unde:}$$

r este raza de viraj.

Deci putem spune că forţa centrifugă este direct proporţională cu greutatea aeronavei, cu pătratul vitezei şi invers proporţională cu raza de viraj.

Să calculăm care este forţa portantă necesară şi viteza planorului în virajul corect:

$$F_{ZV} = \frac{\rho\, v_V^2}{2} S C_{ZV}$$

$$F_r = \frac{G}{\cos\beta} \quad dar\ F_{ZV} = F_r, \quad F_{ZV} = F_r = \frac{G}{\cos\beta} \ (1)$$

$$-\frac{\rho\, v_V 2}{2} S C_{ZV} = \frac{G}{\cos\beta} \ (2)$$

(1) = Forţa portantă necesară virajului corect:

(2) = viteza necesară virajului corect:

$$v_V = \sqrt{\frac{G}{S}\frac{2}{\rho}\frac{1}{C_{ZV}}\frac{1}{\cos\beta}}, \ iar$$

$$v_o = \sqrt{\frac{G}{S}\frac{2}{\rho}\frac{1}{C_{Zo}}},$$

deci:

$$v_V = v_o \sqrt{\frac{1}{\cos \beta}}$$

Făcând referirea la viteza limită v_{LV} în viraj, faţă de viteza limită în zbor orizontal, v_{LO}:

$$v_{LV} = v_{LO} \sqrt{\frac{1}{\cos \beta}}$$

Rezultă că viteza limită în viraj se măreşte faţă de viteza limită în zbor orizontal, pe măsură ce se măreşte unghiul de înclinare, β, în viraj. Din acest motiv în timpul zborului în viraj, trebuie să fim atenţi la simptomele de angajare care vor fi date de planor înainte de a atinge viteza limită de zbor orizontal (cea dată în notiţa tehnică a aeronavei).

Raza necesară efectuării virajului corect poate fi dedusă astfel:

$$F_{cf} = F_{cp} \quad F_{cf} = \frac{G}{g} \frac{v^2}{r}$$

$$F_{cp} = F_{zv} \sin \alpha = \frac{G}{\beta} \sin \alpha = G \tan \alpha$$

$$\frac{G}{g} \frac{v^2}{r} = G \tan \alpha \_ r = \frac{v^2}{g \tan \alpha}$$

g = 9.81 m/s² şi este acceleraţia gravitaţională

În realitate în zbor se întâlnesc şi situaţii când virajul nu este executat corect şi deci vom avea viraje derapate sau glisate (vezi Fig. 17.51. şi 17.52.).

În virajul derapat, planorul excută un viraj cu o rază mai mare decât raza iniţială (aruncat).

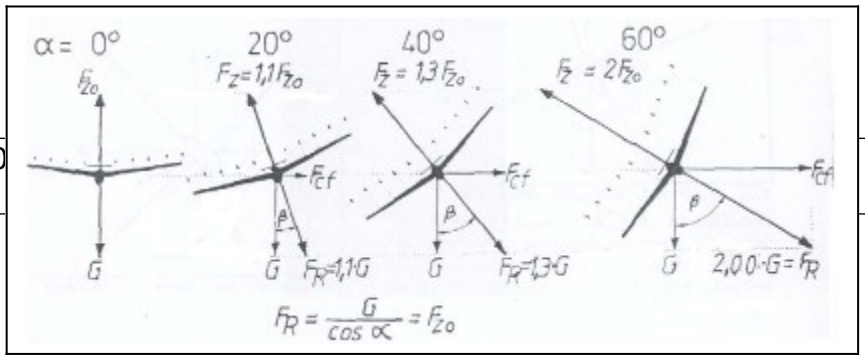


Fig. 17.50. Forţele în virajul corect cu diferite înclinări

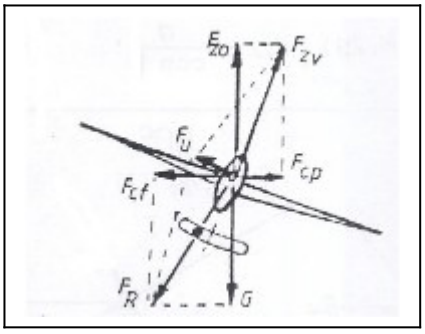


Fig. 17.51. Virajul derapat

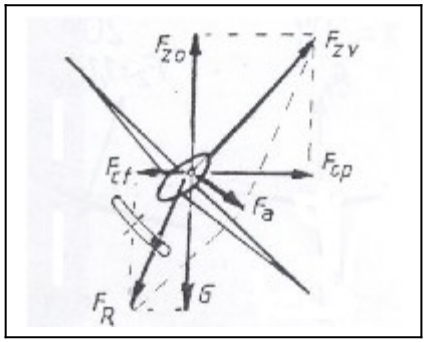


Fig. 17.52. Virajul glisat

Dacă analizăm graficul forţelor, vedem că F_{ZV} şi F_R, nu sunt pe aceeaşi direcţie. Din acest motiv, prin compunerea lor vom obţine o rezultantă F_u în cazul virajului derapat, care va deplasa aeronava de pe direcţie, făcând-o să urce pe aripă), sau, în cazul virajului alunecat, o forţă, F_a care va deplasa aeronava în sensul alunecării pe aripă.

18. Forţele care acţionează asupra planorului în remorcaj de avion

În această situaţie avem echilibrul de forţe după cum urmează:

$G = F_z$ şi

$T = F_x$, unde **T** este tracţiunea avionului remorcher.

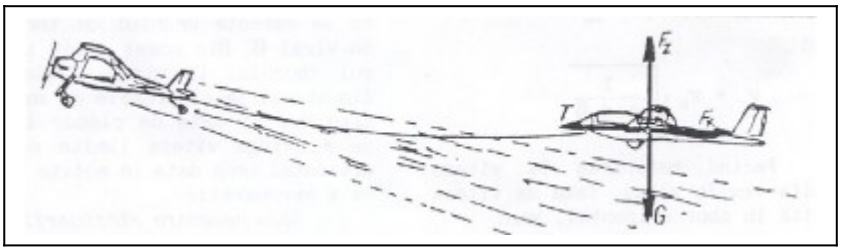


Fig. A.18.53. Forţele în remorcajul de avion

În cadrul acestei metode de remorcaj, avionul asigură tracţiunea necesară dezvoltării vitezei care va crea portanţa necesară menţinerii în zbor a planorului.

19. Forţe care acţionează asupra planorului în remorcaj de automosor

În cadrul acestei metode de remorcaj se întâlnesc practic 2 situaţii:

- remorcaj cu declanşatorul de bot;
- remorcaj cu declanşatorul în centrul de greutate (de burtă sau bilateral).

a. În situaţia *remorcajului cu declanşator de bot* (vezi Fig. 19.54.), apare şi un moment de rotire datorat componentei verticale a tracţiunii. Acest moment este anulat de un altul, creat de profundor (prin bracarea acestuia de către pilot).

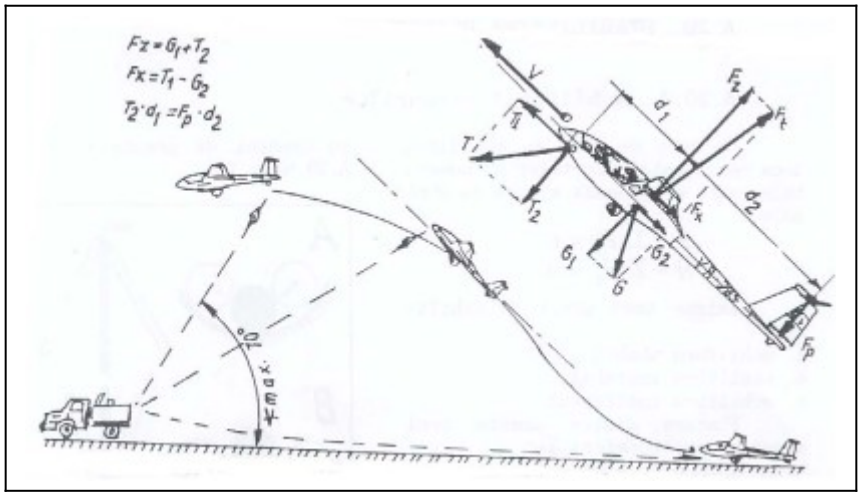


Fig. 19.54. Forţele în remorcajul de automosor cu declanşator de bot

Echilibrul de forţe şi momente este următorul:

$$F_x + G_2 = T_1$$
$$T_2 \; d_1 = F_p \; d_2$$

b. În situaţia *remorcajului cu declanşator în centrul de greutate* nu mai apare momentul de rotire, deci profundorul va sta în poziţie neutră, remorcajul efectuându-se mult mai uşor din punctul de vedere al tehnicii de pilotaj.

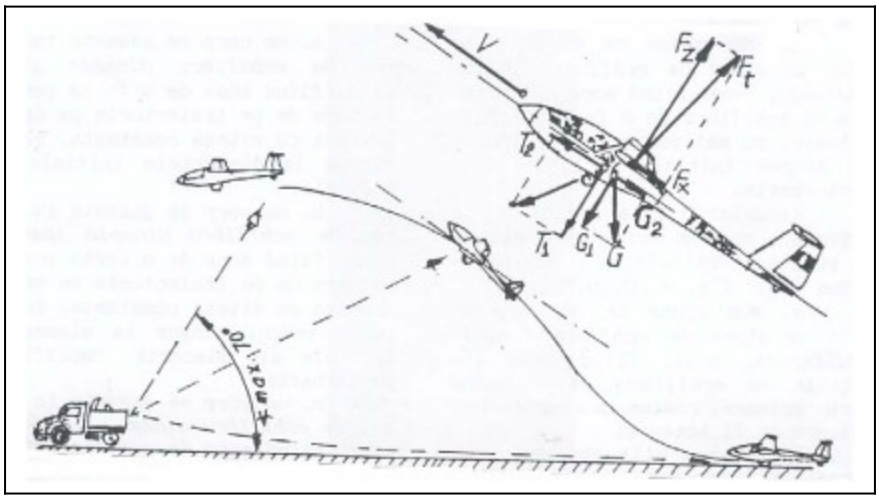


Fig. 19.55. Forţele în remorcajul de automosor cu declanşator de burtă

Echilibrul de forţe este următorul:

$$T_2 = G_2 + F_x$$
$$F_z = G_1 + T_1$$

Când planorul se va apropia de verticala automosorului, în ambele situaţii de remorcaj, forţa de tracţiune creşte foarte mult (componenta T_1) şi forţa aerodinamică totală nu o mai poate echilibra.

În acest moment se va declanşa cablul (care face un unghi de maxim 70° faţă de orizontală) şi se va trece la zborul normal.

20. Stabilitatea planorului
20.1. Echilibrul corpurilor

Un corp se află în echilibru dacă rezultantele forţelor şi momentelor care acţionează asupra sa sunt nule:

$$\vec{F} = \Sigma \vec{F_i} = 0$$
$$M = \Sigma M_i = 0$$

Există trei stări de echilibru:
a. echilibru stabil;

b. echilibru instabil;
c. echilibru indiferent.

Fiecare dintre aceste trei stări se poate referi la un echilibru *static* (de poziţie) sau la un echilibru *dinamic* (de mişcare).

A. Echilibrul static

a. vom spune că un corp se află în stare de *echilibru static stabil*, dacă, fiind scos din poziţia de echilibru de o forţă perturbatoare, revine singur la starea iniţială (fără intervenţii exterioare).

Exemplu: o bilă aşezată în partea cea mai de jos a unei suprafeţe concave, sau un pendul (vezi Fig. 20.56.A.).

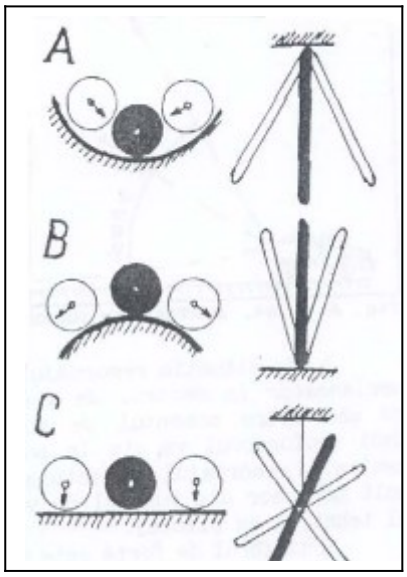


Fig. 20.56. (a, b, c) Stările de echilibru

b. vom spune că un corp se află în stare de *echilibru static instabil*, dacă, fiind scos din poziţia de echilibru de o forţă perturbatoare, nu mai poate reveni singur la starea iniţială , amplificând perturbaţia.

Exemplu: o bilă aşezată pe o suprafaţă convexă sau o bară aşezată în poziţie verticală pe o suprafaţă plană (vezi Fig. 20.56.B.).

c. vom spune că un corp se află în stare de *echilibru static indiferent*, dacă, fiind scos din poziţia de echilibru de o forţă perturbatoare, rămâne în noua stare, oricare ar fi aceasta.

Exemplu: o bilă aşezată pe o suprafaţă plană sau o bară agăţată în centrul de greutate (vezi Fig. 20.56.C.).

B. Echilibrul dinamic

a. un corp se găseşte în starea de *echilibru dinamic stabil* când, fiind scos de o forţă perturbatoare de pe traiectoria pe care o urmează cu viteză constantă, revine singur la elementele iniţiale ale mişcării.

b. un corp se găseşte în starea de *echilibru dinamic instabil* când, fiind scos de o forţă perturbatoare de pe traiectoria pe care o urmează cu viteză constantă, nu mai poate reveni singur la elementele iniţiale ale mişcării, amplificând perturbaţia.

c. un corp se găseşte în starea de *echilibru dinamic indiferent* când, fiind scos de o forţă perturbatoare de pe traiectoria pe care o urmează cu viteză constantă, rămâne pe noua traiectorie, tot cu viteză constantă.

20.2. Stabilitatea planorului

Întrucât aeronavele se deplasează în spaţiul tridimensional şi forţele perturbatoare acţionează în acest context; vom considera următorul sistem ortogonal de axe ataşat, cu originea în centrul de greutate al planorului (vezi Fig. 21.57.).

- x x' = axa longitudinală (de ruliu);
- y y' = axa transversală (de tangaj);
- z z' = axa verticală (de giraţie) şi ne vom referi la:
- stabilitatea longitudinală (în jurul axei de tangaj);
- stabilitatea transversală (în jurul axei de ruliu);
- stabilitatea verticală (în jurul axei de giraţie).

20.2.1. Stabilitatea longitudinală

A. Stabilitatea longitudinală statică

Vom spune că un planor este stabil longitudinal static, dacă la apariţia unui factor perturbator (de exemplu variaţia incidenţei aripii) care roteşte aeronava în jurul axei de tangaj, apare, fără intervenţia pilotului, un moment stabilizator ce readuce planorul în poziţia iniţială.

Aşa cum observam şi în Fig. 20.58., în timpul zborului planat cu viteză constantă, momentul forţei portante a aripii faţă de centrul de greutate **CG** al planorului este echilibrat de momentul forţei portante a ampenajului orizontal faţă de acelaşi **CG**.

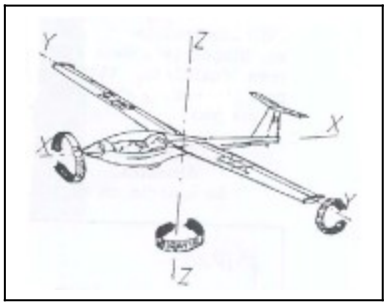


Fig. 20.57. Axele planorului

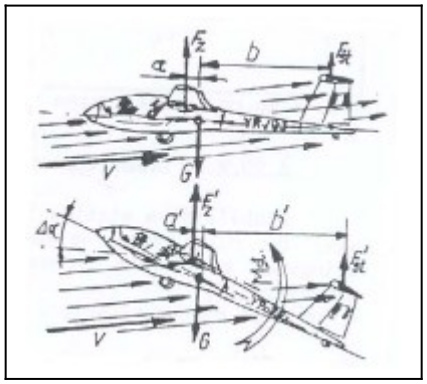


Fig. 20.58. Stabilitatea longitudinală

Datorită acţiunii unui factor perturbator (posibil o rafală orizontală sau verticală), se va modifica forţa portantă pe aripă şi ampenaj (prin modificarea unghiului de incidenţă sau a vitezei) deci şi echilibrul momentelor, aeronava rotindu-se în jurul axei de tangaj. Dacă este îndeplinită condiţia de stabilitate statică longitudinală, momentul creat de portanţa ampenajului orizontal va fi mai mare şi va tinde să readucă planorul în poziţia iniţială:

$$M_{stabilizator} = F_{st}\ b - F_z\ a$$

Din cele arătate mai sus reiese importanţa poziţionării centrului de greutate. Dacă acesta se găseşte prea în spate este posibil ca la apariţia unei perturbaţii, momentul portanţei aripii să nu mai poată fi echilibrat, fapt care duce la evoluţii necontrolate, în limită de viteză. Dimpotrivă, dacă poziţia sa este prea înaintată, stabilitatea este prea mare şi planorul devine leneş în comenzi.

B. Stabilitatea longitudinală dinamică

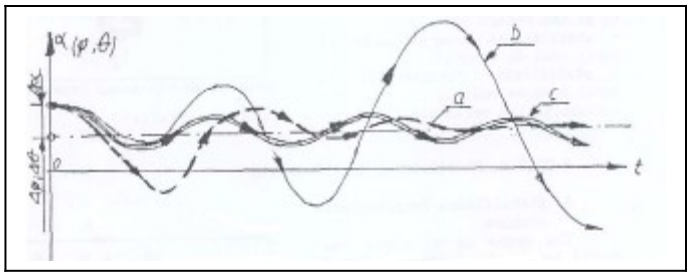


Fig. 20.59. Stabilitatea longitudinală dinamică

Să urmărim ce se întâmplă în timp, după apariţia momentului stabilizator.

Planorul va tinde să rămână în poziţia iniţială, dar, din cauza inerţiei, va efecuta nişte oscilaţii amortizate până la recăpătarea traiectoriei de echilibru, în cazul în care este şi stabil dinamic. (vezi Fig. 20.59.a.).

Dacă în loc să se amortizeze, oscilaţiile se amplifică, cu toate că este stabil static, planorul este instabil dinamic (vezi Fig. 20.59.b.), iar dacă oscilaţiile rămân constante, echilibrul este dinamic indiferent (vezi Fig. 20.59.c.).

20.2.2. Stabilitatea transversală

Stabilitatea statică în jurul axei de ruliu este asigurată în principal prin două elemente constructive:

a. unghiul diedru al aripii *d:*

$F'_{z2} > F'_{z1}$

$a_2 > a_1$

$F'_{z2}\, a_2 > F'_{z1}\, a_1$

La apariţia unei perturbaţii care are ca rezultat înclinarea planorului pe o aripă, din cauza unghiului diedru, momentul componentei verticale a portanţei semiplanului care coboară, faţă de CG, este mai mare decât cel al componentei verticale a portanţei semiplanului care urcă (vezi Fig. 20.60.)

Apare deci un moment stabilizator de ruliu:

$$M_{s\ ruliu} = F'_{z2}\, a_2 - F'_{z1}\, a_2$$

cu specificaţia că momentele create de componentele F''_z sunt neglijabile în raport cu cele create de componentele F'_z.

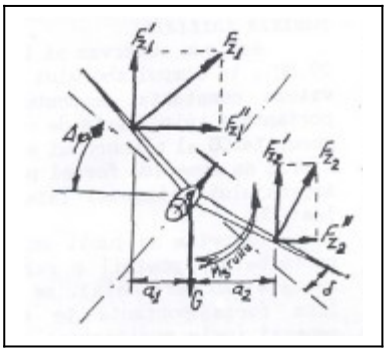


Fig. 20.60. Stabilitatea transversală

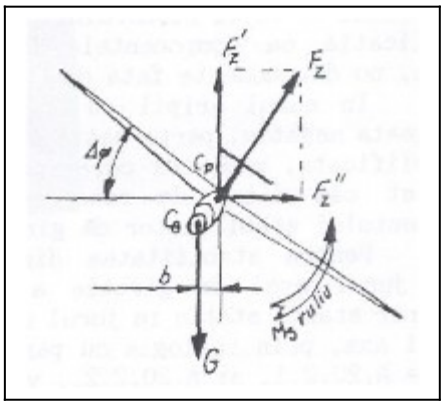


Fig. 20.61.

b. poziţia mai coborâtă a centrului de greutate faţă de centrul de presiune:

La apariţia unei perturbaţii care are ca rezultat înclinarea planorului pe o aripă, apare un decalaj pe orizontală între CG şi CP, dând naştere astfel unui cuplu de forţe stabilizator (vezi Fig. 20.61.):

$$M_{s\ ruliu} = F'_z\ b$$

De remarcat că momentul stabilizator de ruliu este cu atât mai mare cu cât CG este mai coborât.

Stabilitatea dinamică transversală în jurul axei de ruliu pentru un planor stabil static transversal este prezentată prin analogie cu cea longitudinală în Fig. 20.59., unde se înlocuieşte variaţia incidenţei $\Delta\alpha$ cu variaţia înclinării $\Delta\varphi$.

20.2.3. Stabilitatea în jurul axei de giraţie

Stabilitatea statică în jurul axei de giraţie este asigurată în principal de:

a. ampenajul vertical:

Dacă, datorită unor perturbaţii exterioare, planorul execută o rotaţie $\Delta\theta$ în jurul axei de giraţie, incidenţa ampenajului vertical faţă de direcţia de zbor va fi diferită de 0 şi în consecinţă va apare o forţă portantă care va crea la rândul ei un moment stabilizator de giraţie (vezi Fig. A.20.62.).

$$M_{s\ giratie} = F_a\ \mathrm{d} \qquad \text{unde:}$$

d = distanţa de la **CG** al planorului la **CP** al ampenajului vertical.

b. unghiul de săgeată pozitiv al aripilor, c.

Datorită unghiului de săgeată pozitiv, se observă uşor că proiecţiile frontale ale semiplanurilor (pe un plan perpendicular pe viteză) sunt inegale. Rezistenţa la înaintare corespunzătoare ca şi momentele componentelor faţă de centrul de

greutate al planorului vor fi de asemenea inegale, generând astfel un moment stabilizator de giraţie (vezi Fig. 20.63.).

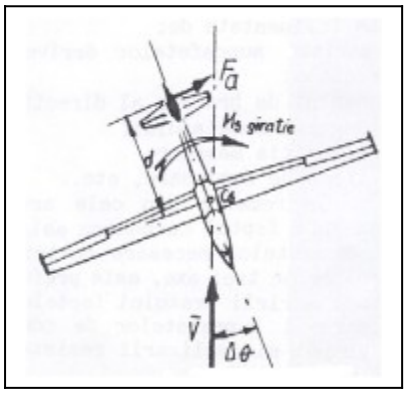


Fig. 20.62. Stabilitatea de giraţie

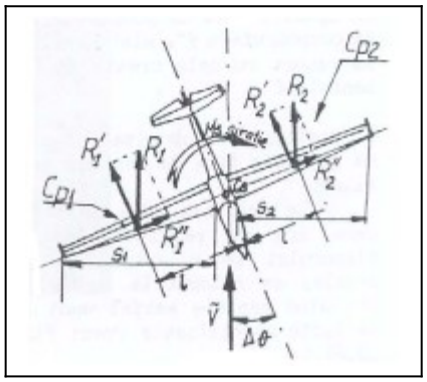


Fig. 20.63

$$M_{s\ giratie} = R'_1 l - R'_2 l, \qquad \text{unde:}$$

$$S_1 > S_2 \quad R_1 > R_2 \quad R'_1 > R'_2$$

- S_1 şi S_2 sunt proiecţiile frontale ale semiplanurilor, iar
- l este distanţa de la **CP** al semiplanului la **CG** al planorului cu specificaţia că componentele R''_1 şi R''_2, nu dau momente faţă de **CG**.

În cazul aripii cu unghi de săgeată negativ, perturbaţia $\Delta\theta$ este amplificată, momentul care apare în acest caz fiind de sens contrar momentului stabilizator de giraţie.

Pentru stabilitatea dinamică în jurul axei de giraţie a unui planor stabil static în jurul aceleiaşi axe, prin analogie cu paragrafele 20.2.1. şi 20.2.2., vom folosi din nou Fig. 20.59, cu ordonata renominalizată corespunzător în θ.

21. Maniabilitatea planorului

Maniabilitatea planorului este calitatea acestuia de a răspunde uşor comenzilor şi de a efectua repede rotaţiile în jurul centrului de greutate.

Maniabilitatea, ca şi stabilitatea se studiază în raport cu cele trei axe de rotaţie:

- *maniabilitatea longitudinală* este modificarea cu uşurinţă a unghiurilor de incidenţă prin bracarea profundorului. Maniabilitatea longitudinală depinde de:
  - mărimea suprafeţelor profundorului şi stabilizatorului;
  - unghiul de bracaj al profundorului;
  - lungimea fuselajului;
  - centrajul planorului;
  - viteza de deplasare, etc..
- *maniabilitatea transversală* este însuşirea planorului de a se înclina sau roti cu uşurinţă în jurul axei longitudinale, când se brachează eleroanele. Maniabilitatea transversală este influenţată de:
  - mărimea suprafeţelor eleroanelor;
  - unghiurile de bracaj diferenţiale;
  - poziţia eleroanelor pe aripă;
  - anvergura aripii;
  - repartizarea masei aripii;
  - viteza de deplasare, etc..
- *maniabilitatea pe direcţie* este însuşirea planorului de a se roti cu uşurinţă în jurul axului vertical. Acest lucru se realizează prin bracarea direcţiei spre stânga sau spre dreapta. Maniabilitatea pe direcţie este influenţată de:
  - mărimea suprafeţelor derivei şi direcţiei;
  - unghiul de bracare al direcţiei;
  - lungimea fuselajului;
  - repartiţia maselor;
  - viteza de deplasare, etc.

Se remarcă din cele arătate până acum faptul că pentru asigurarea momentelor necesare rotirii în jurul celor trei axe, este preferată metoda măririi braţului forţelor şi micşorării suprafeţelor de comandă cu scopul minimalizării rezistenţelor la înaintare.

Concentrarea maselor cât mai aproape de centrul de greutate pentru micşorarea momentelor de inerţie este o altă cerinţă pentru asigurarea unei bune maniabilităţi.

Maniabilitatea planorului este, de asemenea, în strânsă legătură cu stabilitatea sa. Cu cât un planor este mai stabil, cu atât este mai puţin maniabil.

În practică se recurge la un compromis între maniabilitate şi stabilitate.

22. Centrajul planorului

Greutatea unui planor se poate considera concentrată într-un punct, numit centru de greutate $\mathbf{C_G}$, diferit, de obicei ca poziţie de centrul de presiune $\mathbf{C_P}$ al planorului.

Poziţia centrului de greutate al planorului se indică în procente din coarda medie aerodinamică CMA, faţă de bordul de atac al acesteia şi se numeşte generic ***centraj*** *(valoare % CMA).*

În planorism, datorită faptului că vor zbura piloţi mai grei sau mai uşori, constatăm că centrul de greutate îşi va schimba poziţia de la zbor la zbor. Astfel, dacă se află în zbor un pilot mai uşor, centrul de greutate se mută în spate faţă de bordul de atac al CMA.

Prin *centraj maxim spate admis* se înţelege poziţia maximă spate a cetrului de greutate pe CMA, poziţie din care la comanda pilotului (manşa la poziţia maxim în faţă), de bracare a profundorului maxim în jos, să se obţină unghiul de incidenţă corespunzător vitezei maxime de zbor.

Dacă, în schimb avem un pilot cu o greutate mare, centrul de greutate se va muta mai înspre faţă, deci va avea o poziţie mai apropiată de bordul de atac de CMA.

Prin *centraj minim faţă admis* se înţelege poziţia minimă a centrului de greutate pe coarda medie aerodinamică, din care, la comanda pilotului (manşa maxim trasă) pentru a braca maxim în sus profundorul, să se poată obţine coeficientul de portanţă maxim, deci unghiul de incidenţă critic.

Dacă se depăşeşte centrajul maxim spate, aeronava nu va mai putea fi readusă pe panta normală de zbor de la o pantă de urcare şi se va angaja.

Dacă se depăşeşte centrajul minim faţă aeronava nu va mai putea fi redresată după un zbor în pantă accentuată de coborâre. Deci, o condiţie de bază a limitelor de centraj admise este ca în cadrul acestor limite să se asigure manevrabilitatea aeronavei.

Spre a evita în exploatare depăşirea centrajelor care, spre exemplu la planorul IS 28 B_2 sunt:

- centraj minim faţă = 22% CMA şi
- centraj maxim spate = 47% CMA,

constructorul limitează greutatea minimă şi maximă a echipajului şi prevede uneori cabina planoarelor cu locaşuri pentru greutăţi speciale de plumb care pot fi ataşate sau scoase în funcţie de necesităţi.

În concluzie, dacă se depăşesc centrajele maxim spate şi minim faţă, nu mai este posibilă realizarea de viteze minime sau trecerea la zborul pe panta normală.

Menţionăm că în această situaţie acţionarea comenzii *compensatoru*lui *nu ajută la corectarea centrajului*, acesta având rolul de a elimina efortul pe manşă în situaţia zborului normal.

23. Compensarea comenzilor

Se face cu ajutorul unor dispozitive care servesc la micşorarea eforturilor depuse de pilot pe comenzi. Aceste dispozitive se montează pe suprafeţele de comandă.

Compensarea poate fi:

a. statică; şi
b. aerodinamică.

a. *Compensarea statică* se realizează prin montarea de resorturi sau greutăţi în lanţul cinematic al comenzii, sau pe suprafaţa de comandă

b. *Compensarea aerodinamică* se face prin:
1. suprafaţă;
2. poziţionarea axei de rotaţie;
3. trimere.

1. *Compensarea prin suprafaţă* se obţine cu ajutorul unei porţiuni din suprafaţa de comandă, care este plasată în partea anterioară axei de rotaţie a suprafeţei de comandă (profundor sau direcţie) şi care se brachează în partea opusă bracării acesteia (vezi Fig. 23.64.a.).

2. *Compensarea axială* este realizată la fel ca cea prin suprafaţă, dar aici se va braca în sens invers o porţiune din suprafaţa de comandă pe toată lungimea acesteia. (vezi Fig. 23.64.b.).

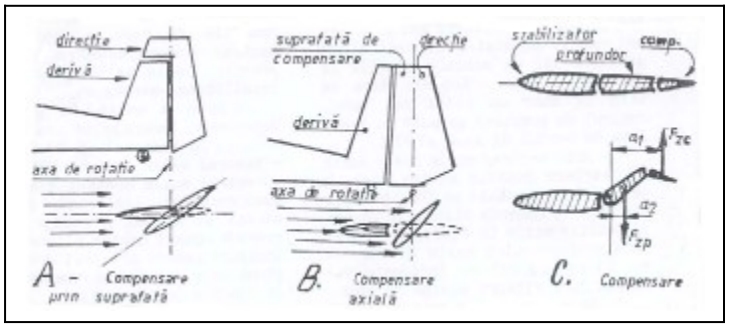


Fig. 23.64. Compensarea comenzilor

3. *Compensarea prin compensator* se realizează cu ajutorul unei suprafeţe montate pe suprafaţa de comandă (vezi Fig. 23.64.c.), care, la comanda pilotului, se brachează în sens invers bracării suprafeţei de comandă astfel încât să realizeze echilibrul de momente:

$F_{zt}\ a_1 = F_{zc}\ a_2$

Compensarea se mai poate face şi *prin modificare unghiului de incidenţă al întregului ampenaj orizontal*, modificare ce se realizează în zbor la comanda pilotului.

24. Factorul de sarcină

Se numeşte *factor de sarcină* ***n****, raportul dintre portanţa dezvoltată de o aripă într-o evoluţie oarecare şi greutatea aeronavei*:

(A.31) $$n = \frac{F_z}{G}$$

În cazul zborului orizontal, când $F_z = G$, n = 1. Dacă F_z este negativ, atunci şi n este negativ.

Se numeşte *factor de sarcină maxim admis în exploatare* $\mathbf{n_e}$*, factorul de sarcină maxim la care este calculată o aeronavă astfel încât structura ei să reziste fără a prezenta rupturi sau deformaţii permanente atunci când execută evoluţii specifice scopului în care a fost construită*.

Se numeşte *factor de sarcină de rupere* $\mathbf{n_r}$ *factorul de sarcină care aplicat trei secunde, duce la ruperea structurii aeronavei*. Uzual, $n_r = 1,5\ n_e$.

Un lucru demn de remarcat este acela că n_e variază cu greutatea aeronavei. Astfel, pentru planorul IS 28 B_2, n_e are următoarele valori:

- pentru greutarea de 520 Kgf, n_e = + 6,5 g, - 4 g;
- pentru greutarea de 590 Kgf n_e = +5,3 g, - 2,65 g.

Orice evoluţie a aeronavei este caracterizată de un factor de sarcină care se poate calcula: zborul orizontal, virajul, resursa, figurile acrobatice, zborul în atmosfera agitată, impactul la aterizare, etc. Spre exemplificare prezentăm formula de calcul a factorului de sarcină în virajul corect:

(A.32) $$n = \frac{1}{\cos \varphi}$$

unde φ este unghiul de înclinare în viraj.

Să observăm că pentru un viraj înclinat cu 60° faţă de orizontală (pentru care cos 60° =1/2), n=1/½, deci n = 2 !.

25. Momentul negativ

În timpul zborului cu o aeronavă se constată că dacă se dau comenzi de intrare sau ieşire din viraj, lucrând numai cu manşa, aeronava va avea tendinţa să se rotească în partea opusă comenzii date.

Tendinţa de rotire în sens invers comenzii date cu manşa lateral se numeşte moment negativ.

Acest moment se va elimina lucrând cu manşa şi palonierul în acelaşi timp şi în aceeaşi parte, în cantităţi proporţionale. În acest fel, tendinţa aeronavei de a se roti în partea opusă va fi anulată de rotirea datorată palonierului.

Când mişcăm lateral manşa, o aripă coboară şi alta urcă. Astfel, pe aripa care coboară apare o viteză ascendentă $\mathbf{w_a}$ a curentului de aer care va determina, împreună cu viteza de înaintare a aeronavei **V**, o rezultantă $\mathbf{V_{rc}}$. Forţa portantă F_z este perpendiculară pe viteza $\mathbf{V_{rc}}$, forţa rezistentă F_{xc} este paralelă cu viteza, iar forţa aerodinamică totală $\mathbf{F_{tc}}$, este orientată spre înainte. Făcând proiecţia acesteia pe **V** (viteza de deplasare), vom obţine o forţă de deplasare a aripii spre înainte $\mathbf{F_{tr}}$ (Fig. 25.65.).

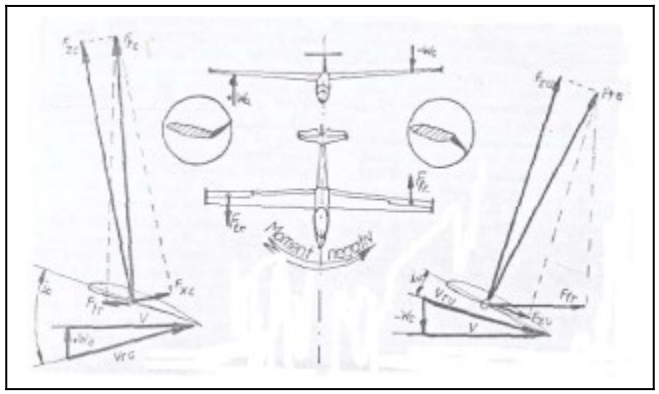


Fig. 25.65. Momentul negativ

În acelaşi timp, pe aripa care urcă, apare o viteză $\mathbf{w_c}$ descendentă a curentului de aer care prin compunere cu viteza aeronavei **V**, va da o rezultantă $\mathbf{V_{ru}}$. Şi aici forţa portantă $\mathbf{F_{zu}}$ este perpendiculară pe $\mathbf{V_{ru}}$, iar forţa aerodinamică rezultantă $\mathbf{F_{tu}}$ va fi orientată spre înapoi.

Făcând şi aici proiecţia forţei $\mathbf{F_{tu}}$ pe viteza de deplasare a aeronavei, vom obţine o forţă de deplasare spre înapoi a aripii $\mathbf{F_{fr}}$ (vezi Fig. 25.65.).

Cele două forţe $\mathbf{F_{tr}}$ şi $\mathbf{F_{fr}}$ vor da naştere unui moment de rotire a aeronavei în sens invers comenzii date cu manşa lateral, iar valoarea sa va fi cu atât mai mare cu cât planorul va avea o anvergură mai mare.

26. Polara vitezelor

Este reprezentarea grafică a vitezei de înfundare a planorului **w** funcţie de viteza de înaintare a acestuia **V** (vezi Fig. 26.66.).

Punctele casracteristice ale polarei sunt următoarele:

- A = punctul de tangenţă la polară al perpendicularei pe axa absciselor, corespunde vitezei minime de zbor (pe axa ordonatelor putem citi viteza asociată de coborâre);
- B = punctul de tangenţă la polară a perpendicularei pe axa ordonatelor corespunde vitezei minime de coborâre (pe axa absciselor putem citi viteza de zbor asociată);
- C = punctul de tangenţă la curba polară a semidreptei dusă din originea sistemului de axe, dă coordonatele vitezelor (v şi w), corespunzatoare vitezei maxime (se observă că unghiul θ pe care-l face tangenta cu axa absciselor este minim)

$$k_{maxim} = ctg\,\theta_{\min} = \frac{v_f}{w_f}$$

- D şi E sunt puncte care se găsesc la intersecţia unei semidrepte, duse din originea sitemului de coordonate, cu polara vitezelor. Aceste puncte corespund la două situaţii de zbor în care planorul evoluează cu aceeaşi fineţe, k = ctg θ.

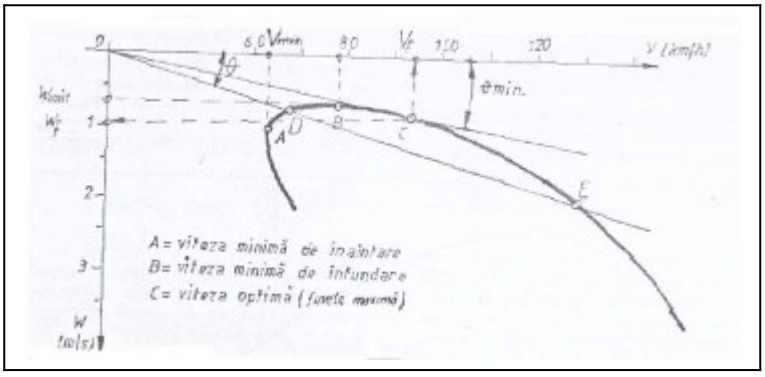


Fig. 26.66. Polara vitezelor calculată

Punctul D corespunde zborului la incidenţe mari, iar punctul E, zborului la incidenţe mici (vezi polara profilului).

Pentru zborurile de performanţă în planorism, polara vitezelor are o deosebită utilitate practică, facilitând exploatarea aeronavei în regimul dorit, construirea diferitelor abace de calcul, sau alegerea şi compararea performanţelor diferitelor tipuri de planoare.

Pornind de la relaţiile care stabilesc factorii de care depinde viteza de cădere şi cea de zbor, să discutăm unele din cerinţele principale care se impun pentru planoarele moderne.

(A.34)

$$v = \sqrt{\frac{G}{S}\,\frac{2}{\rho}\,\frac{1}{C_z}} \quad Km/h$$

$$w = \sqrt{\frac{G}{S}\,\frac{2}{\rho}\,\frac{C_x^2}{C_z^3}} \quad m/s$$

1. Pentru a se putea urca cât mai repede în căminul ascendent, planorul trebuie să aibă o viteză de cădere cât mai mică, care să se găsească la o viteză de zbor cât mai mică (necesară spiralării cu raze mici în termicile înguste). Minimalizând pe **V** şi **w** rezultă:

a. un raport G/S cât mai mic care se realizează prin utilizarea în construcţia planoarelor a unor materiale cu greutăţi specifice scăzute şi rezistenţe mecanice mari;

b. un raport C_z/C_x cât mai mare, (vezi polara planorului) în zona incidenţelor mici, deci fineţe aerodinamică maximă care se poate realiza în cazul nostru cu:

- profile aerodinamice specializate, numite profile laminare;
- aripi cu alungiri mari care datorită unui C_{xi} redus au fineţe sporită;
- micşorarea rezistenţelor de frecare prin prelucrarea suprafeţelor.
- micşorarea rezistenţelor pasive şi de interferenţă prin proiectarea corespunzătoare a formelor şi elementelor de racordare dintre ele.

2. Pentru a se putea obţine viteze de drum cât mai mari şi distanţe maxime de planare, fineţea optimă a planorului trebuie să se găsească la o viteză cât mai mare. Maximizând pe **V**, rezultă că ar trebui să avem un raport G/S cât mai mare şi intrăm în contradicţie cu cerinţele de la pct. 1.a.

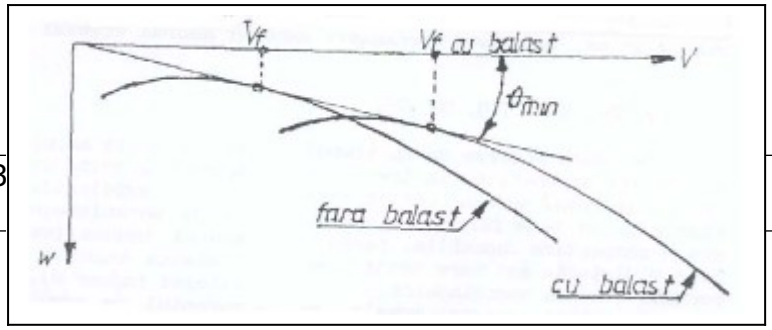


Fig. 24.67. Modificarea polarei funcţie de balast

Pentru a rezolva această problemă în practică s-a ajuns la soluţia unei încărcături pe m^2 (G/S) variabilă în funcţie de necesităţi. Planoarele moderne sunt dotate cu rezervoare de apă care pot fi golite în timpul zborului. Se obţine astfel o viteză corespunzătoare fineţii optime, variabilă (vezi Fig. 26.68.).

Polara vitezelor poate fi calculată sau determinată practic prin măsurători de precizie în timpul zborului într-o atmosferă liniştită, diferenţele apărute între cele două reprezentări fiind uneori reprezentative.

27. Influenţa vântului şi a curenţilor verticali asupra vitezei de salt

În timpul zborului planorul va traversa de multe ori zone cu mişcări ale aerului atmosferic pe verticală sau orizontală. Pentru a putea determina viteza optimă de deplasare şi în aceste situaţii, trebuie să facem nişte construcţii ajutătoare pe polara vitezelor ca în Fig. 27.68.

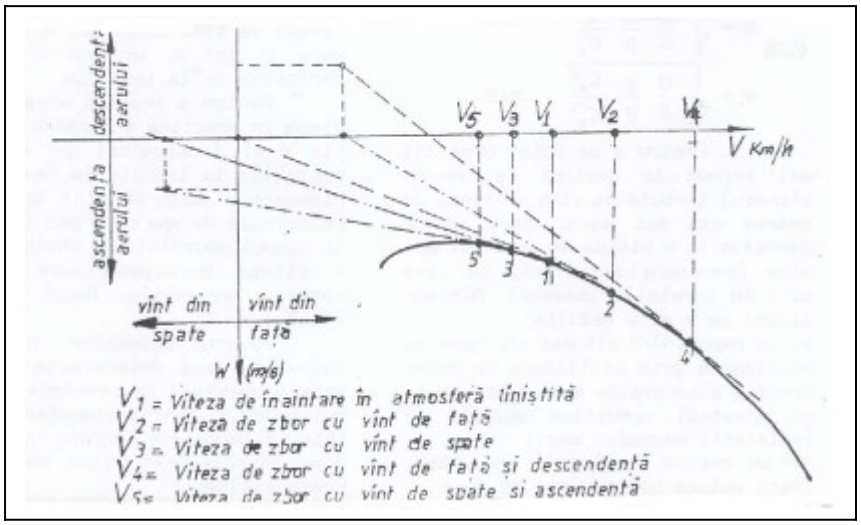

descendenta aerului
ascendenta aerului
V5 V3 V1 V2 V4
V Km/h
5
3
1
2
4
vînt din spate
vînt din față
W (m/s)
V1 = Viteza de înaintare în atmosferă liniștită
V2 = Viteza de zbor cu vînt de față
V3 = Viteza de zbor cu vînt de spate
V4 = Viteza de zbor cu vînt de față și descendență
V5 = Viteza de zbor cu vînt de spate si ascendență

Fig. 27.68. Influenţa deplasării aerului asupra vitezei optime de zbor

Astfel, originea polarei va fi mutată cu valoarea vitezei perturbatoare pe axele şi în sensurile specificate.

Vom putea obţine acum valoarea vitezei optime în condiţile date, ducând tangenta la polară din noua origine.

Urmărind cele cinci exemple prezentate, se poate observa că în situaţia unui curent descendent sau a unui vânt de faţă, trebuie să ne deplasăm cu o viteză de zbor mai mare pentru a obţine o fineţe maximă, iar în situaţia unui curent ascendent sau a vântului de spate, trebuie să micşorăm viteza.

Polara astfel trasată ajută pe pilot în construcţia abacelor şi calculatoarelor necesare executării zborurilor de performanţă.

28. Efectul de sol

Se poate observa că în timpul zborurilor acrobatice, la trecerile făcute *la rasul solului* sau la aterizare în perioada *filării*, planorul are o comportare deosebită, parcurgând o distanţă mai mare decât i-ar permite fineţea aerodinamică.

Fenomenul poartă numele de *efect de sol* şi *este o interferenţă între aripa aeronavei şi sol*, aspectul curgerii aerului între cele două suprafeţe având un caracter special.

O explicaţie ar fi aceea legată de mecanismele apariţiei rezistenţei induse (vezi paragraful Rezistenţa indusă). Astfel, datorită vitezei induse $\mathbf{w_i}$, în spatele aripii curentul de aer este deflectat în jos (vezi Fig. 28.69.), dând naştere unui unghi de incidenţă indus, care, la rândul sau, micşorând incidenţa reală, deplasează poziţia lui F_z spre înapoi şi crează rezistenţa indusă. Dacă planorul zboară la foarte joasă înălţime, deflexia curentului de aer nu mai este posibilă ca în cazul evoluţiei la altitudine şi deci unghiul indus, micşorându-se ne va scădea şi rezistenţa indusă (vezi Fig. 28.69.).

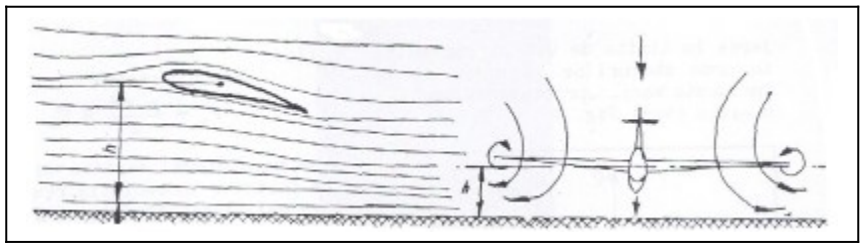


Fig. 28.69. Efectul de sol

În urma experienţelor efectuate, s-a constatat că rezistenţa indusă scade semnificativ numai în cazul zborurilor la care înălţimea aripii faţă de sol este mai mică de 20% din anvergura (pentru planoare 3-4m.). Rezultă deci că efectul de sol se va manifesta cu atât mai intens cu cât anvergura va fi mai mare şi cota **h** a aripii faţă de sol va fi mai mică. Din această ultimă cauză, planoarele cu aripă mediană vor

avea o comportare mai bună decât cele cu aripa sus, fineţea lor fiind oricum îmbunătăţită (vezi Fig. 28.70.).

Ţinând cont şi de faptul că efectul de sol se simte mai puternic pe timp liniştit, vântul defavorizându-l, prezentăm în Fig. 28.71. modificarea polarei unui planor când asupra sa se manifestă acest fenomen.

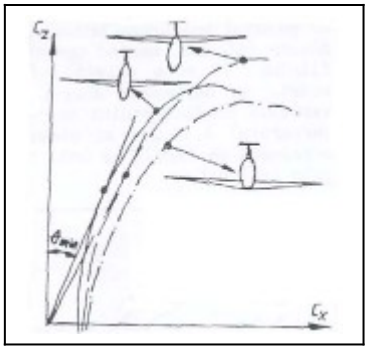


Fig.28.70. Variaţia polarei funcţie de montarea aripii

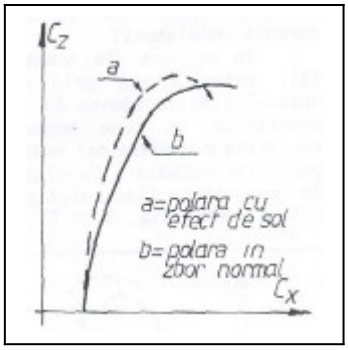


Fig. 28.71. Modificarea polarei la apariţia efectului de sol

29. Zborul la incidenţe mari

Circa 20% din accientele aviatice ale ultimilor ani înregistrate pe plan mondial şi mult mai multe în ţara noastră au fost legate de angajarea în limită de viteză survenită în urma zborurilor la unghiuri de incidenţă mari, apropiate de unghiul α_{critic} (vezi Fig. 29.72.).

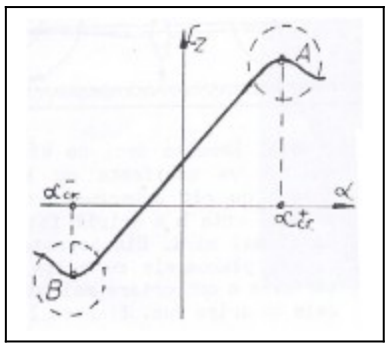


Fig. 29.72. Cz funcţie de α

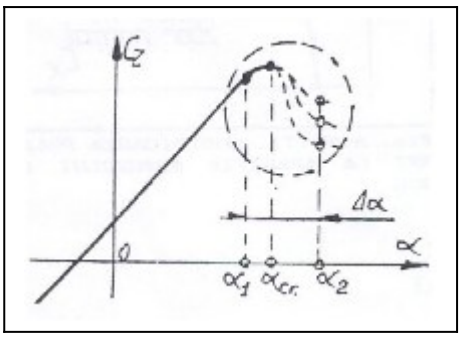


Fig. 29.73.

Pentru planoare, zborul cu viteze mici corespunzător pe curba $C_z(\alpha)$ zonei A, este uzual întâlnit la spiralarea în căminul termic, procedurile de decolare şi aterizare (mai ales în cazul terenurilor obstacolate alese din aer), sau menţinerea punctului fix la zborul în curenţi ondulatorii.

În oricare din aceste situaţii, putem ajunge prin creşterea unghiului de incidenţă $\Delta\alpha$, din zona subcritică în zona supercritică, rezultând o scădere mai mult sau mai puţin accentuată a C_z-ului funcţie de comportarea fiecărui tip de profil în parte (Fig. 29.73.):

- α_1 = unghi de incidenţă subcritic;
- α_2 = unghi de incidenţă supercritic;

Forţa portantă :

$$F_z = \frac{\rho v^2}{2} S C_z,$$

se va diminua, ecuaţia de echilibru a forţelor în evoluţia respectivă nu va mai fi satisfacută şi planorul se va angaja.

Modificarea $\Delta\alpha$ a unghiului de incidenţă poate apare:

- comandat, prin acţiunea pilotului asupra comenzilor;
- accidental, datorită unor rafale verticale ale aerului.

În primul caz aripa planorului găsindu-se iniţial la incidenţa α_1 (vezi Fig. 29.73.), următoarele situaţii sunt frecvent întâlnite:

a. dintr-un motiv anume, pilotul trage manşa. Profundorul se brachează în sus şi dă naştere unui moment care va ridica botul planorului, mărind astfel unghiul de incidenţă al aripii de la valoarea α_1 la α_2. Urmează conform celor arătate mai sus angajarea funcţie de poziţia planorului în momentul respectiv;

b. pilotul brachează brusc voletul. Acesta coboară, mărind curbura profilului. Pe zona aripii dotată cu volet, se depăşeşte α_{critic} (vezi variaţia coeficientului aerodinamic paragraful 10.2.) şi planorul se angajează de regulă pe bot, dacă nu este înclinat.

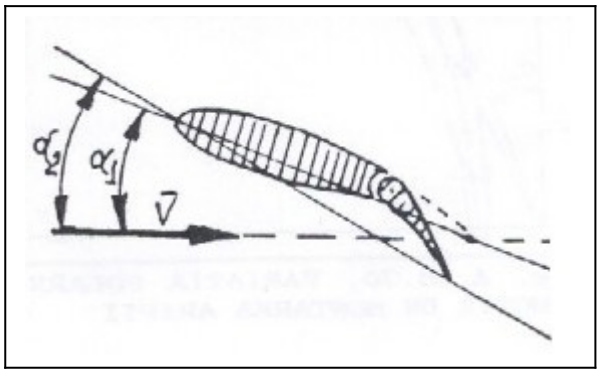


Fig. 29.74.

c. Pilotul brachează de asemenea brusc şi cu amplitudine mare eleroanele. Pe aripa care coboară, datorită componentei verticale a curentului de aer ce atacă profilul, incidenţa creşte şi α_{cr} este depăşit,
planorul angajându-se pe aripa respectivă (vezi Fig. 29.75.A.).

Şi în cel de-al doilea caz, datorat unei rafale verticale, aripa planorului găsindu-se iniţial tot la incidenţa α_1 (Fig. 29.73.), prin compunerea vitezelor pe profil, există posibilitatea depăşirii incidenţei critice, urmând angajarea planorului (vezi Fig. 29.75.A.).

Modificarea necomandată $\Delta\alpha$ va fi cu atât mai mare cu cât:
- viteza de zbor este mai mică;
- viteza rafalei verticale este mai mare.

Demn de remarcat este faptul că toate situaţiile prezentate în cele de mai sus pot apare atât la zborul în linie dreaptă, cât şi la cel în viraj sau spirală, unde datorită unghiului de înclinare al aripii faţă de orizontală, forţa portantă necesară sustentaţiei este mai mare (vezi paragraful A.14.):

$$F_z = \frac{G}{\cos \alpha}$$

şi deci, cu atât mai mult se fac simţite efectele depăşirii incidenţei critice. Din acest motiv, *în timpul spiralării în termică, un planor se poate angaja la viteze superioare vitezei limită*.

Unghiul critic mai poate fi depăşit şi din alte cauze cum ar fi:
- efectul de giraţie asupra aripii din interiorul virajului (datorită scăderii vitezei); sau
- viteza indusă de aripă pe ampenajul orizontal, ducând la angajarea acestuia.

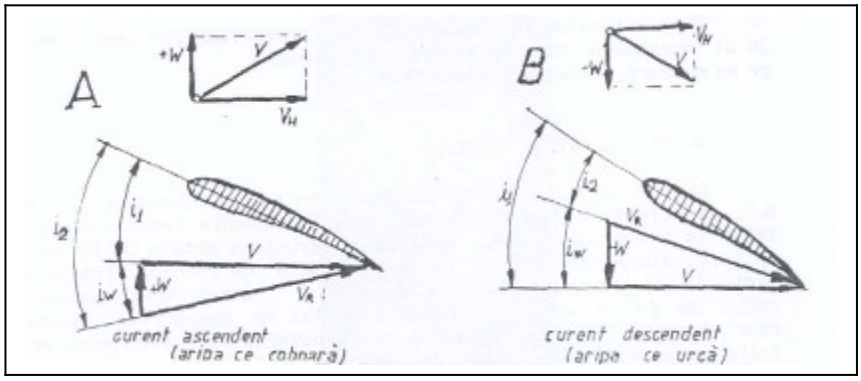


Fig. 29.75. Modificarea accidentală a unghiului α

29.1. Măsuri şi manevre pentru evitarea depăşirii unghiului α_{critic}

A. Din construcţie se prevăd:

- curse diferenţiale la eleroane (eleronul care coboară se brachează mai puţin ca cel care urcă);
- fante la bordul de atac al aripii şi al flapsului, care întârzie desprinderea fileurilor de aer de pe profil.

B. Manevrele care se execută după ce s-au produs simptomele apariţiei unghiului critic sunt următoarele:

- se reduce unghiul de incidenţă prin uşoară împingere a manşei spre înainte;
- se reduce viteza de rotire prin reducerea cursei palonierului.

După ce s-a produs efectul primelor două comenzi, se va reduce înclinarea laterală cu manşa.

Este interzisă în timpul virajului scoaterea din înclinare ca primă manevră, în momentul apariţiei *tremurăturilor* care preced angajarea.

30. Stratul limită

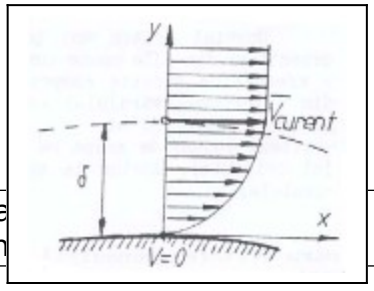
Aşa cum am văzut la paragraful A.2., efectele de frecare se manifestă în orice fluid real, deci şi în aerul atmosferic şi duc pe de-o parte la aderarea acestuia la pereţi, iar pe de alta, la apariţia unor frecări interne tangenţiale între straturile de fluid (ce se deplasează cu viteze diferite unele faţă de altele) şi pereţi.

Rezultă că atunci când vom introduce un corp oarecare (de exemplu o aripă) în curentul de aer, datorită vâscozităţii, particulele fluidului din imediata apropiere vor adera la suprafaţa corpului, rămânând imobile. Pentru a ajunge de la o viteză egală cu "0" la viteza de curgere a curentului, aerul se va accelera într-un strat subţire δ din imediata vecinătate a corpului:

Pornind de la cele arătate până acum, în anul 1905 lui L. Prandtl îi vine ideea că în cazul deplasării unei aripi de avion, să împartă mediul aerian înconjurător în două regiuni:

A. domeniul mişcării exterioare, în care efectele de frecare sunt neglijabile (straturile de aer se deplasează cu aceeaşi viteză unele faţă de altele) şi mişcarea poate fi studiată cu ajutorul ecuaţiilor mecanicii fluidelor perfecte;

B. domeniu redus ca întindere, de grosimea notată cu δ, în care efectele de frecare sunt predominante.



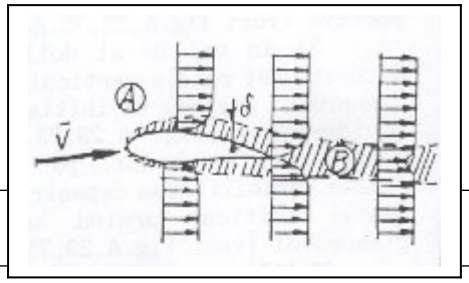


Fig. 30.76. Stratul limită

Fig. 30.77.

Acest strat care este influenţat de frecări interioare datorate diferenţelor de viteze, poartă denumirea de strat limită (vezi Fig. 30.77.).

De remarcat faptul că în stratul limită nu sunt valabile legile mecanicii fluidelor perfecte (legea lui Bernoulli, Ecuaţia continuităţii, etc.), repartiţia presiunilor în jurul corpului fiind dictată în stratul exterior unde acţionează aceste legi.

În urma a numeroase experienţe efectuate în tunelul aerodinamic s-a putut determina cum arată stratul limită pe un profil aerodinamic. Se poate observa astfel că pentru domeniul incidenţelor mici, avem următoarea distribuţie:

a = regiunea unde curgerea are loc în regim laminar (straturi paralele care alunecă unele faţă de altele) şi care se întinde de la bordul de atac al profilului până la un punct, unde numărul Re atinge o anumită valoare, numită critică, $\mathbf{Re_c}$.

În această zona valoarea **u** a vitezei într-un punct va fi constantă în timp (vezi Fig. 30.79.a.)

b = regiune de tranziţie cuprinsă între Re_c şi Re_+, unde se face trecerea în mod gradat, prin apariţia perturbaţiilor la perete sau spoturilor turbulente, la mişcarea turbulentă.

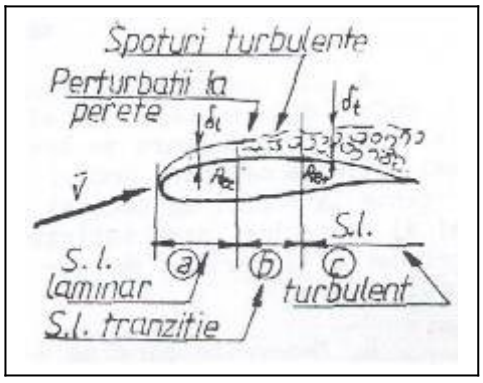


Fig. A.30.78.

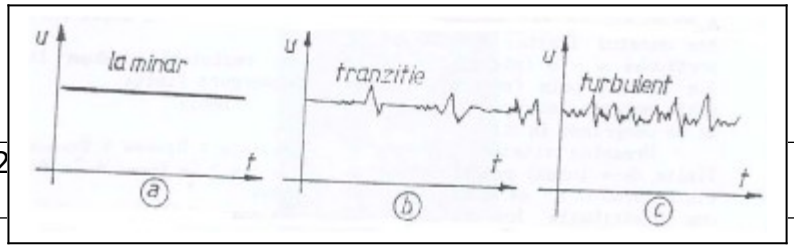


Fig. 30.79.

Valoarea vitezei într-un punct va fi cea indicată în Fig. 30.79.b..
c = regiune unde curgerea are loc în regim turbulent, parametrii mişcării prezentând fluctuaţii neregulate în timp şi spaţiu. Numărul Re va fi mai mare ca Re_+, iar viteza într-un punct este funcţie de timp (vezi Fig. 30.79.c.).

30.1. Desprinderea stratului limită

Continuând studiul comportării stratului limită se poate observa că datorită anumitor condiţii, atât stratul limită laminar cât şi cel turbulent se pot desprinde de pe profil, cu consecinţe majore în păstrarea calităţilor sale aerodinamice.

Astfel, în porţiunea de la bordul de atac până în zona grosimii sale maxime, viteza pe profil va prezenta o creştere continuă (Fig. 30.80.A.), gradientul de presiune va fi negativ, iar stratul limită va sta lipit de profil.

În porţiunea dintre zona grosimii maxime şi bordul de fugă, viteza pe extrados va prezenta o scădere continuă, gradientul de presiune va deveni pozitiv şi stratul limită se va desprinde de pe profil în regiunea care urmează după punctul de viteză maximă.

Pentru a înţelege mai uşor fenomenul se poate face analogie cu o bilă care se deplasează pe o suprafaţă concavă. Lăsată să cadă din punctul a, bila atinge viteza maximă în b şi pierzând energie prin frecare, este obligată să se oprească în d şi să se întoarcă din drum (Fig. 30.80.B). La fel şi o particulă din stratul limită. Accelerată pe porţiunea a - b (pierzând o parte din energie prin frecare), nu mai poate suporta decelerarea până în c şi se desprinde în d.

Urmărind vitezele în stratul limită de-a lungul profilului (vezi Fig. 30.80.C.), se poate observa cum distribuţia lor îşi schimbă aspectul pe măsura încetinirii mişcării, ajungând să prezinte întoarceri de sens cu 180º (vezi Fig. 30.80.C.d).

Punctul d de pe suprafaţa corpului, în care se face trecerea de la curgerea în sensul general al mişcării la curgerea în sens invers (pentru o regiune din imediata vecinătate a peretelui), este *punctul de desprindere a stratului limită.*

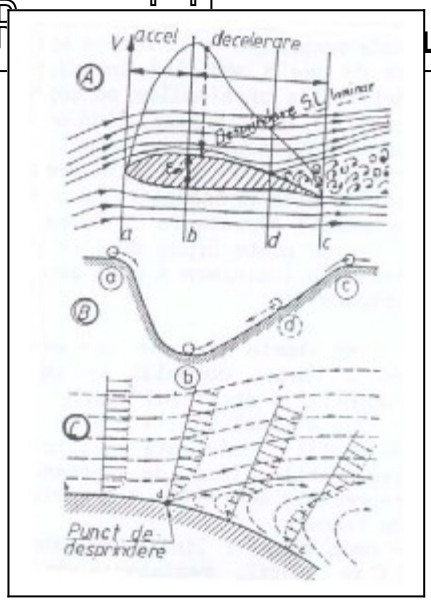


Fig. 30.80.

În consecinţă, în spatele profilului se va forma o *zonă de apă moartă* (Vezi Fig. 30.80.A. şi C.) unde presiunea va fi foarte apropiată de cea a mediului înconjurător. Repartiţia presiunilor pe suprafaţa corpului se alterează, dând o componentă suplimentară în sensul mişcării aerului care determină creşterea rezistenţei la înaintare cu o valoare numită *rezistenţă de formă*.

Se poate spune deci că rezistenţa la înaintare a unui profil se compune din:

a. *rezistenţa de formă* care se datorează formei corpului şi implicit comportării stratului limită:

- dacă stratul limită rămâne ataşat de profil, rezistenţa de formă este neglijabilă faţă de portanţă şi reprezintă 30% - 40% din rezistenţa de frecare;
- dacă stratul limită se desprinde de pe profil, rezistenţa de formă este de acelaşi ordin de mărime cu portanţa şi mult mai mare ca rezistenţa de frecare.

b. *rezistenţa de frecare* care reprezintă însumarea forţelor de frecare dintre curentul de aer şi suprafaţa profilului. Este de cel puţin zece ori mai redusă decât portanţa.

c. *rezistenţa indusă* la aripa de anvergură finită.

Deci:

$$R_{totala} = R_{forma} + R_{frecare} + R_{ind}$$

$$C_{x\,tot} = C_{x\,forma} + C_{x\,frec} + C_{x\,ind} \text{ sau:}$$

$$C_{x\,total} = C_{x\,profil} + C_{x\,indus}$$

Făcând o sinteza a celor prezentate în acest capitol, rezultă că pentru a avea o rezistenţă la înaintare cât mai mică, profilul trebuie:

1. să prezinte o rezistenţă de formă minimă prin:

- evitarea desprinderii stratului limită laminar sau turbulent;
- întârzierea desprinderii stratului limită laminar sau turbulent (dacă nu este posibilă evitarea desprinderii), cu precizările:

a. stratul limită laminar se desprinde foarte uşor, imediat după atingerea punctului de viteză maximă pe profil, nesuportând decelerarea;

b. apariţia turbulenţei în stratul limită duce la întârzierea desprinderii, deoarece particulele de fluid din apropierea suprafeţei profilului prin procesele de amestec, împrumută energie de la curentul exterior.

2. să prezinte o rezistenţă de frecare minimă, cu precizările:

a. stratul limită laminar datorită structurii interne de suprafeţe paralele care alunecă unele peste altele, prezintă tensiuni de frecare scăzute pe suprafaţa profilului;

b. stratul limită turbulent, ca urmare a pierderilor prin amestec datorită fluctuaţiilor (vezi Fig. 30.79.c.) prezintă tensiuni de frecare pe suprafaţa profilului foarte mari.

Speculând aceste observaţii, au fost înregistrate diferite modalităţi de inducere a turbulenţei în anumite zone ale aripilor sau ampenajelor diferitelor aeronave, procedeu prin care chiar dacă se măreşte rezistenţa de frecare (prin întârzierea desprinderii stratului limită), se micşorează mult rezistenţa de formă. Ca efect global, scade rezistenţa totală la înaintare.

30.2. Influenţa tipului aripii asupra desprinderii stratului limită

În urma efectuării unui număr mare de experienţe în tunelul aerodinamic, s-a putut determina cu precizie comportarea stratului limită pentru diferite tipuri de aripi, în funcţie de clasa profilului sau forma în plan a aripii.

A. Influenţa profilului

S-a putut astfel constata că pentru profilele clasice groase (e ³ 15%), la unghiuri de incidenţă din ce în ce mai mari, stratul limită se comportă ca în Fig. 30.81.

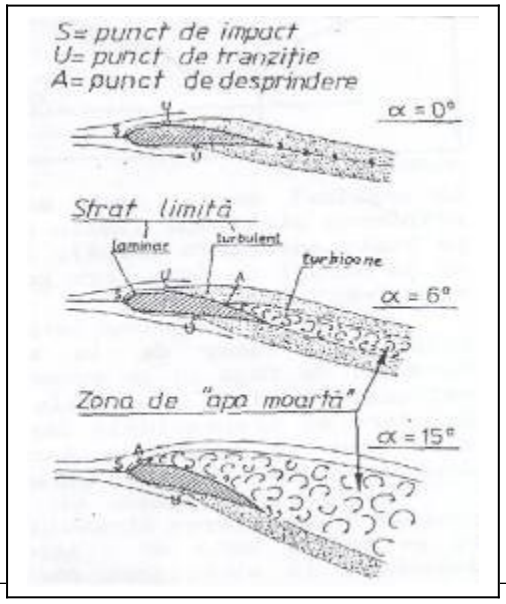


Fig. 30.81.

În Fig. 30.82. sunt prezentate spectrele scurgerii determinate exeprimental în sufleria de spectre cu lichid pentru situaţiile prezentate în Fig. 30.81. Se observă cu claritate zona de *apă moartă* care apare în urma profilului la incidenţe mari.

Comparativ, în Fig. 30.83. este prezentată comportarea stratului limită pentru profilele subţiri şi medii, la care un element caracteristic îl constituie apariţia în stratul laminar a unei *bule*. Incidenţa la care apare bula, modul în care se deplasează şi se rupe, depind de tipul şi caracteristicile profilului respectiv.

O categorie aparte de profile aerodinamice în ceea ce priveşte comportarea stratului limita, o constituie profilele laminare. În Fig. 10.43. am prezentat curba polară $C_z(C_x)$ pentru câteva dintre acestea. Având grosimea maximă situată în a doua jumătate a corzii, curgerea pe profil este accelerată pe o distanţă mai mare în profunzime decât la profilele clasice. Stratul limită laminar se va menţine mai mult, (desprinderea va fi întârziată). Rezistenţele de formă şi frecare având valori reduse, curba $C_z(a)$ va arăta ca în Fig. 30.84, unde se remarcă o scădere accentuată a rezistenţei totale la incidenţe mici.

Datorită caracteristicilor speciale, profilele laminare sunt foarte sensibile la starea suprafeţei, impunându-se o întreţinere deosebită prin spălare şi lustruire.

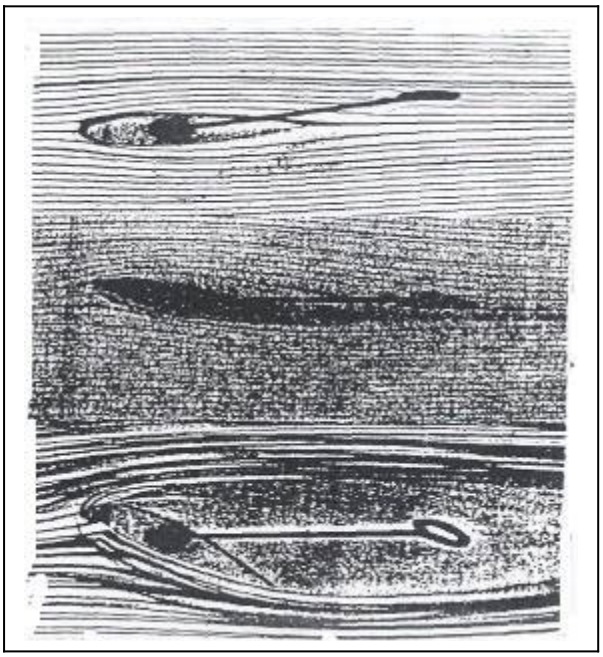


Fig. 30.82.

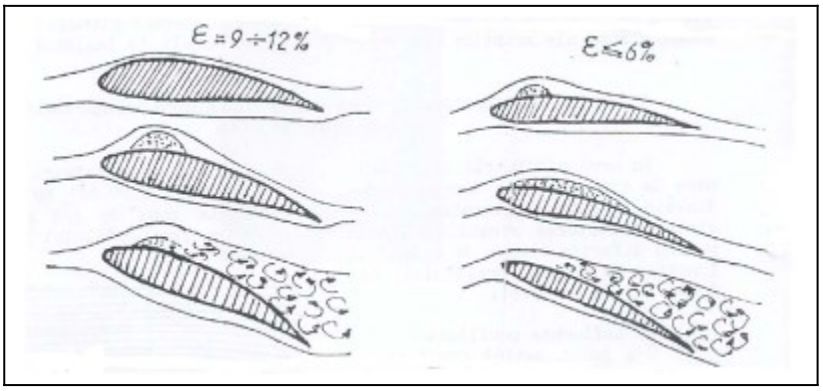


Fig. 30.83.

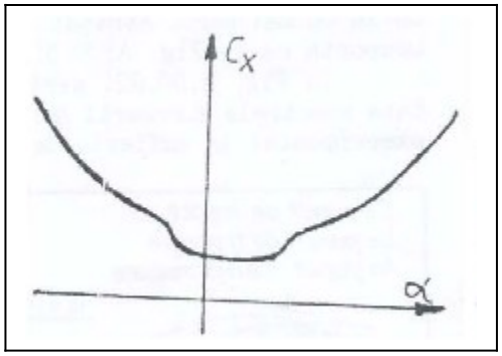


Fig. 30.84.

B. Influenţa formei în plan a aripii

Din capitolul referitor la rezistenţa indusă am aflat că aripa de rezistenţă indusă minimă este cea care are în plan o formă eliptică.

La unghiuri de incidenţă mari desprinderea stratului limită se face pe toată anvergura aripii, începând de la bordul de fugă spre bordul de atac (vezi Fig. 30.85.).

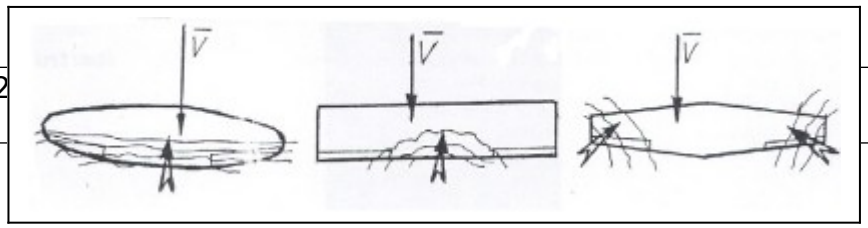


Fig. 30.85.

La aripa dreptunghiulară desprinderile încep de la mijlocul bordului de fugă şi se propagă spre extremităţi, iar la aripile triunghiulare şi trapezoidale desprinderile apar la bordurile marginale, deplasându-se apoi spre mijloc.

Modul cum apare şi cum se propagă desprinderea stratului limită pe aripă, este de o importanţă deosebită în stabilirea performanţelor, stabilităţii şi maniabilităţii planorului respectiv. De exemplu, eficacitatea eleroanelor la diferite viteze şi unghiuri de incidenţă de zbor, depinde de poziţionarea acestora faţă de zona unde începe aterizarea.

La zborul în zona incidenţelor mari (vezi A.29.), când ne apropiem de α_{critic}, datorită evoluţiei desprinderii stratului limită pe aripă, apar mici tremurături care ne avertizează despre iminenţa unei angajări dacă se va continua creşterea unghiului de incidenţă.

De asemenea pentru o anumită viteză de zbor, într-o configuraţie caracteristică, stratul limită poate prezenta detaşări şi ataşări succesive ce dau naştere unor trepidaţii. Acestea pot ajunge la rezonanţă cu frecvenţa de oscilaţie a anumitor suprafeţe de comandă sau părţi de structură care, în acest mod se pot bloca sau chiar rupe.

CAPITOLUL V
INSTRUMENTE DE BORD

1. Importanţa instrumentelor de bord

Odată cu dezvoltarea tehnicii s-a dezvoltat şi aviaţia. Astfel, în cadrul zborului fără motor, având planoare cu fineţe mare, iar zborul efectuându-se în totalitate pe baza unor calcule, s-a impus perfecţionarea şi diversificarea instrumentelor de la bordul aeronavelor.

Instrumentele de bord, pentru a putea fi observate mai usor se instalează pe un bord aflat în fata pilotului.

În perfectionarea zborului s-a ajuns ca la bordul planoarelor sa existe calculatoare de bord care indică pilotului cât să spiraleze într-o termică, cu ce viteză şi până la ce înaltime să execute un salt.

2. Clasificarea instrumentelor de bord

a. instrumente de bord pentru controlul funcţionarii motorului

Aceste instrumente se găsesc la bordul avioanelor şi motoplanoarelor şi sunt:

- indicatorul de ture al motorului (tachimetrul sau comptur);
- manometre de presiune pentru benzină, ulei şi amestec admisie;
- termometre ulei, chiulase, lichide de răcire;
- litrometre (pentru cantitatea de combustibil existentă);

b. instrumente de bord pentru controlul calitaţii zborului

- indicatorul viraj şi glisadă;
- vitezometrul;
- variometrul;
- calculatorul de bord;
- abace şi inele;

c. instrumente de bord pentru controlul pozitiei în zbor

- altimetrul;
- barograful;
- orizontul artificial;
- girocompasul şi radiocompasul;
- compasul magnetic;

d. instrumente de bord pentru controlul navigatiei aeriene

- compasul de aviaţie (busola);
- girodirectionalul;
- vitezometrul;
- altimetrul;
- variometrul;
- ceas, abace, rigle, harta şi aparatura radioelectrică;

e.instrumente de bord pentru protecţia echipajului

- paraşuta;
- inhalatorul de oxigen;
- echipamentul de zbor special;

3. Capsule, tuburi, membrane

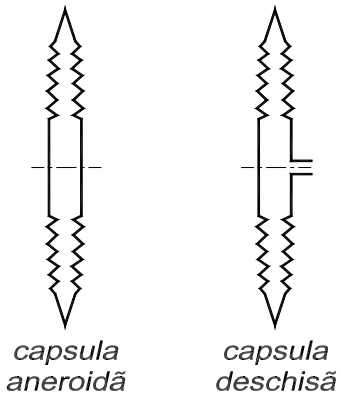
Instrumentele de bord pentru a putea funcţiona au în componenţa lor surse de tensiune, capsule aneroide, capsule deschise, prize de presiune, membrane, tuburi Bourdon şi capsule armonice.

a. Capsulele sunt cutii metalice, cilindrice cu suprafeţele de bază din membrane metalice subţiri, ondulate şi elastice. La unele capsule lipseşte inelul rigid şi suprafeţele de bază sunt sudate (lipite direct) (fig 3.1.).

Capsulele aneroide sunt capsule închise vidate la interior mai mult sau mai puţin (o presiune scăzută şi constantă în permanenţă).

Capsulele manometrice (deschise) sunt de acelaşi format cu cele aneroide, având o comunicaţie cu exteriorul prin care se poate introduce o presiune.

b. Membranele sunt foi metalice (sau folii de material plastic) subţiri şi elastice, plate sau ondulate, care, sub influenţa presiunilor ce nu depaşesc 2 Kgf/cm^2 pot transmite deformaţiile lor unui mecanism indicator.



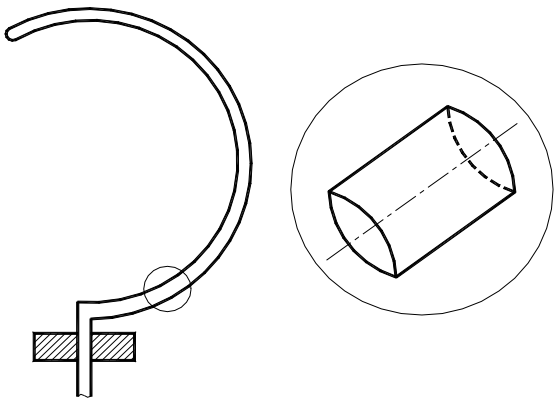


Fig. 3.1. Capsule
Fig. 3.2. Tubul Bourdon

c. Tubul Bourdon este o ţeavă subţire confecţionată din metal elastic. Un capăt al ţevii este închis şi pus în legatură cu un sistem indicator, iar celălalt capăt este deschis şi pus în legătură cu un organ de comandă. Ţeava elastică este infaşurată circular în formă de serpentină.

Tuburile Bourdon se întrebuinţează în construcţia termometrelor de ulei şi a manometrelor. Acestea funcţionează pe principiul deformării ţevii elastice sub acţiunea unei presiuni ce acţionează prin capătul deschis (fig 3.2.).

d. Capsula armonica este un burduf cu pereţii laterali elastici şi interiorul pus în legatură cu un tub Bourdon.

e. Prizele de presiune (de aer) întrebuinţate în aviaţia sportivă sunt:
- trompa Venturi;
- tubul Pittot;
- tubul Braunschwich;

Trompa Venturi se foloseşte la planoarele de viteză mică datorită sensibiltaţii mari a acesteia. Trompa (tubul) Venturi este un corp deschis al cărui diametru interior se îngustează la aproximativ 1/4-1/5 din lungimea sa, apoi se lărgeşte treptat până la mărimea secţiunii de intrare. În secţiunea micşorată curentul de aer îşi va mări viteza, deci şi energia cinetică, respectiv presiunea dinamică. În baza legii continuităţii (legea lui Bernoulli) presiunea statică pe secţiune va scădea. Mărimea presiunii dinamice este direct proporţională cu diferenţa dintre presiunea statică de la intrarea în tub şi cea din secţiunea micşorată. Masurând cu un vitezometru această diferenţă, vom afla viteza cu care zboară aeronava (fig 3.3.).

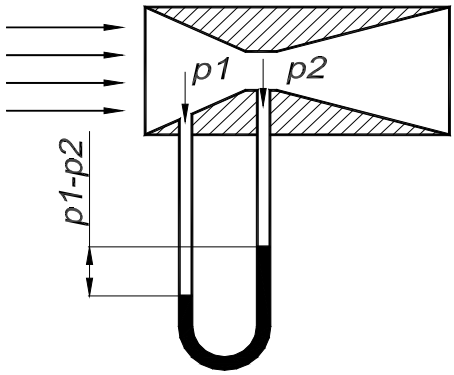


Fig. 3.3. Tubul (trompa) Venturi

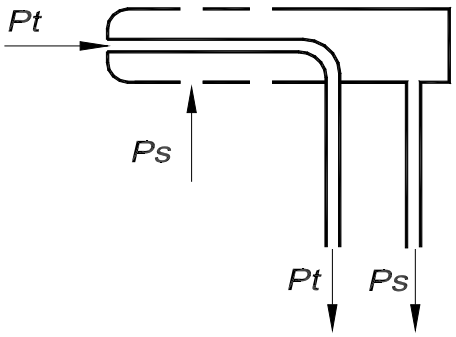


Fig. 3.4. Tubul Pittot

Tubul Pittot este un dispozitiv care înlocuieşte în prezent trompa Venturi. Acest lucru s-a impus datorită simplităţii constructive a acestuia. Cu ajutorul tubului Pittot se culege din exterior presiunea totală şi presiunea statică.

Presiunea dinamică apare ca efect al vitezei fluidului, perpendicular pe directia de deplasare a fileurilor de aer.

Presiunea statică este presiunea care acţionează perpendicular pe o suprafaţă indiferent de orientarea acesteia, ca efect al greutatii coloanei de aer la inaltimea respectiva. Aceste presiuni, culese cu ajutorul tubului Pittot se introduc în instrumentele de la bordul aeronavei.

La constucţiile actuale, pe planoare, tubul Pittot este inlocuit cu 2 prize, din care una pentru presiunea statică aflată pe fuselaj şi una pentru presiunea totală aflată în bot, pe direcţia fileurilor de aer.

Priza de depresiune (tubul Braunschwich) este un dispozitiv care culege presiunea statică diminuată cu o fracţiune proporţională cu presiunea dinamică. Acest dispozitiv se cupleaza la variometrul de energie totală.

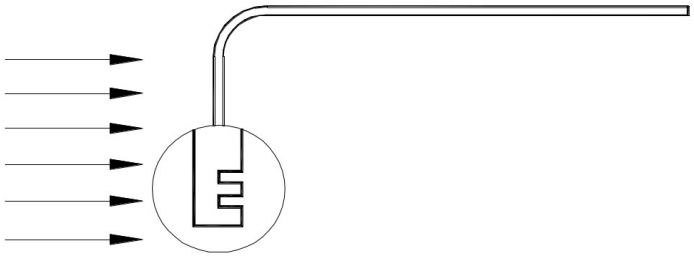


Fig. 3.5. Tubul Braunschwich

4. Altimetrul

Altimetrul barometric este un instrument cu ajutorul căruia se poate determina înălţimea la care zboară aeronava în raport cu locul de decolare sau în raport cu nivelul mării.

Altimetrul cu capsulă are ca traductor o capsulă aneroidă care se deformează odată cu modificările presiunii atmosferice (Ps); vezi (fig. 4.5.).

Capsula se va dilata odată cu scăderea presiunii şi se va contracta odată cu creşterea presiunii. Aceste deformaţii se transmit prin intermediul unui sistem cu pârghii unui ac indicator care se roteşte in faţa unei scale gradate in unităţi de înălţime.

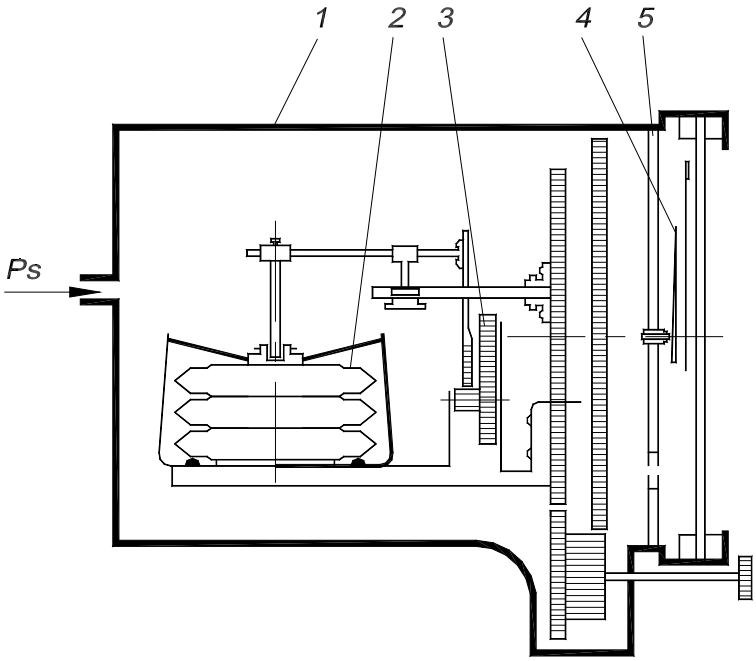


Fig. 4.6. Altimetrul barometric

Altimetrul este format din:
- carcasa de aluminiu sau ebonită prevăzută cu un orificiu pentru cuplarea la priza de presiune statică (1);
- capsula aneroidă pusă în legatură cu un ac indicator printr-un sistem de pârghii (2);
- ac indicator (4);
- sistem de pârghii (3);
- scala gradată în metri sau picioare (feet) altitudine (5).

Funcţionare: Odată cu cresterea înălţimii, presiunea statică scade, capsula se dilată şi acul indicator ne va indica înălţimea la care ne aflăm.

La scăderea înălţimii presiunea creşte, capsula se comprimă şi acul se va deplasa prin intermediul sistemului de pirghii, indicându-ne noua înălţime.

Altimetrul electric măsoară înălţimea faţă de sol pe principiul emiterii de semnale electromagnetice.

Măsurând timpul între momentul emiterii şi momentul recepţionării semnalului, se determină înălţimea la care se află aeronava faţă de obstacolele de pe sol (înălţimea reala).

4.1. Calajul altimetric

Necesitatea reglării altimetrului barometric în raport cu presiunea atmosferică în cazul zborului pe căile aeriene, cât şi la celelalte zboruri, pentru a avea o indicaţie corectă la altimetru în raport cu pragul pistei, a dus la introducerea unei scale barometrice în interiorul instrumentului. Această scală barometrică este vizibilă într-o fereastră a altimetrului şi este gradată în mb sau mm Hg.

Operatiunea de calaj altimetric este descrisa în paragraful 8.1.

5. Vitezometrul

Vitezometrul este instrumentul de bord care indică viteza de zbor a aeronavei faţă de fileurile de aer (aceasta viteză se mai numeste şi viteză proprie).

Principiul de construcţie a vitezometrului se bazează pe măsurarea presiunii dinamice.

Cunoscând densitatea aerului din relaţia presiunii dinamice se poate calcula viteza:

$$q=\frac{\rho v^2}{2}$$

unde:

q = presiunea dinamică;
r = densitatea aerului;
v = viteza de zbor.
rezultă:

$$v=\sqrt{\frac{2\bullet q}{\rho}}$$

Deşi instrumentul măsoară o presiune printr-o calibrare corespunzătoare scala vitezometrului este gradată în unităţi de viteză (km/h).

Construcţiv, vitezometrul este realizat din:
- carcasa de aluminiu sau ebonită (1);
- capsula deschisă (2);

- sistem de pârghii (3);
- acul indicator (4);
- scala gradată (5).

Funcţionare: capsula se cuplează la priza de presiune totala Pt iar carcasa la priza de presiune statică Ps. Cu cât viteza este mai mare şi presiunea dinamică va fi mai mare.

Pd = Pt - Ps

Capsula se va deforma cu o mărime proporţională cu:

Pt-Ps= (Pd+Ps)-Ps= Pd+Ps-Ps= Pd

Deci capsula se va deforma proporţional cu presiunea dinamică P_d. Aceasta va fi indicată pe scala gradată direct în km/h.

Datorită faptului ca vitezometrul masoară de fapt presiunea dinamică, iar trasarea scalei a fost realizată la joasă înălţime în condiţii de densitate constantă a aerului, aceasta va da erori odata cu creşterea înălţimii de zbor. În general în practică se consideră sporirea vitezei reale faţă de fileurile de aer cu 0.5% pentru fiecare 100 m înălţime.

Exemplu: o aeronavă care are vitezometrul etalonat la nivelul marii (760 mmHg) şi va zbura la 200 m cu viteza de 100 km/h indicată la aparat, va avea în realitate, faţă de mediul inconjurător, o viteză de cca.101 Km/h.

Corectarea vitezei cu înălţimea este necesară pentru domeniul vitezelor mari pentru a nu depăşi $V_{NE.}$

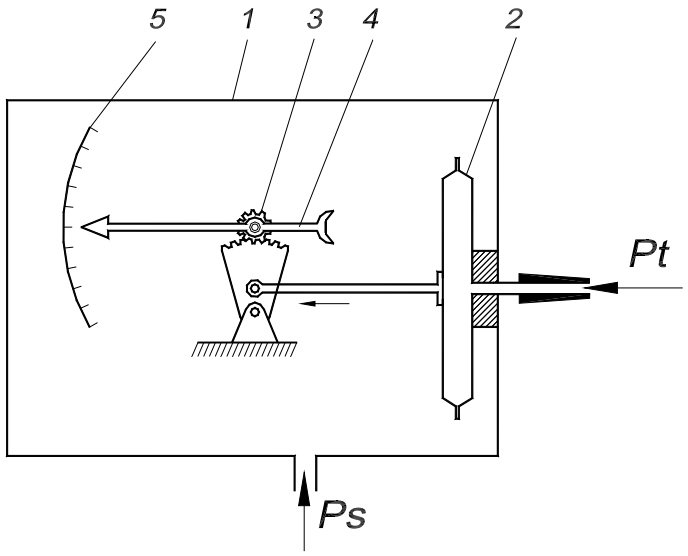


Fig. 5.7. Vitezometrul

6. Variometrul

Variometrul este un aparat (instrument de bord) care măsoară viteza de urcare sau de coborâre a aeronavei (în m/s).

Pentru pilotul planorist acest instrument are o importanţă deosebită deoarece în baza acestor indicaţii va exploata curentul ascendent.

Constructiv variometrele se împart în:

- variometru cu capsulă;
- variometru cu paletă;
- variometru cu bilă;
- variometru electric;
- variometru cu lichid;
- variometru de energie totală.

6.1. Variometrul cu capsula

Variometrul cu capsulă este confecţionat dintr-o carcasă de aluminiu sau ebonită [1], o capsulă manometrică [2], un sistem de pârghii [3], un ac indicator [4] şi un termos [5]. Termosul este legat de capsulă prin intermediul unei conducte care are practicată în ea un orificiu capilar [6]. Termosul are rolul de a mări, cu capacitatea sa, volumul capsulei deschise. Se foloseşte termosul pentru ca această mărire de volum să fie influenţată cât mai puţin de variaţiile de temperatură ale mediului.

Funcţionare: în cazul zborului orizontal, presiunea din carcasă va fi egală cu presiunea din termos-capsulă, acest echilibru fiind realizat prin intermediul tubului capilar. În această situaţie acul va indica **0** m/s.

În momentul când planorul va începe să urce, presiunea statică va scădea, fapt care va duce la o scădere a presiunii din carcasă faţă de presiunea din capsula-termos. Acest fapt va determina deformarea capsulei şi respectiv transmiterea acestei deformaţii acului indicator.

În acelaşi timp, prin spaţiul capilar presiunile caută să se egalizeze, dar aceasta se va realiza cu o anumită întârziere.

Dacă planorul urcă cu o viteză constantă, presiunea din carcasă scade continuu, dar în acelaşi timp prin tubul capilar va exista o tendinţă de egalizare a acestor presiuni. Din acest motiv capsula va rămâne cu o deformaţie constantă deoarece la un moment dat variaţia de presiune din carcasă devine egala cu variaţia de presiune din capsula-termos datorită tubului capilar. Această deformaţie este cu atât mai mare cu cât viteza de urcare este mai mare.

În momentul când urcarea va înceta, presiunile din carcasă şi capsula-termos se vor egaliza prin tubul capilar, cu o oarecare întârziere, iar acul va reveni la "0". Datorită acestui fenomen indicaţiile variometrului au o întârziere de câteva secunde.

La coborâre fenomenul se produce în mod similar, capsula se va contracta datorită faptului ca presiunea din carcasă (Ps) este mai mare decât presiunea din

capsula-termos. şi în acest caz va exista tendinţa de egalizare prin intermediul tubului capilar.

Variometrele de acest tip sunt în general variometrele cu scala gradată pâna la 30 m/s.

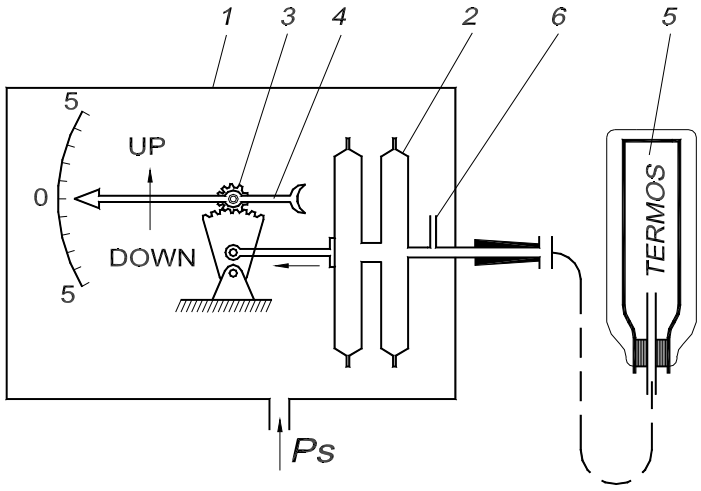


Fig. 6.8. Variometrul cu capsula

6.2. Variometrul cu paletă

Variometrul cu paletă (vezi fig. 6.9.), este construit din urmatoarele elemente:

- carcasa în care se mişcă o paletă (1), care transmite mişcarea unui ac indicator (4);
- paleta (2);
- ac indicator (3);
- scala gradată;
- termos (5);
- spaţiul capilar care preia rolul tubului capilar. Acesta este spaţiul dintre carcasă şi paletă (6).

Funcţionarea este asemănătoare cu a variometrului cu capsulă:

Astfel dacă aeronava urcă, presiunea în spaţiul II va fi mai mică decât presiunea din spatiul I-termos şi sub efectul acestei diferenţe de presiune, paleta se va deplasa. Această deplasare va fi transmisă acului indicator care ne va arăta valoarea urcării. Totodată există tendinţa de egalizare a presiunilor prin spaţiul capilar (spatiul dintre paletă şi carcasă).

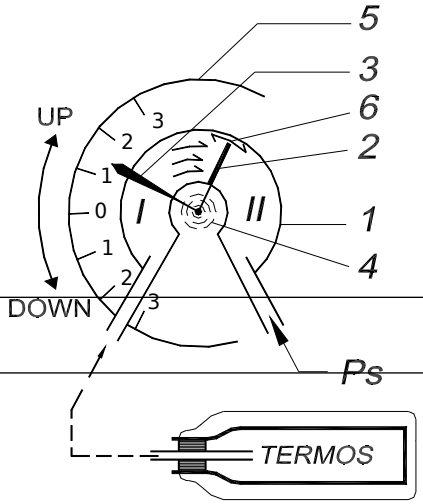


Fig. 6.9. Variometrul cu paletă

Când urcarea va înceta, presiunile se vor egaliza prin spaţiul capilar şi acul va reveni la poziţia **0** (m/s).

Acest tip de variometru aflat la bordul planoarelor este etalonat pâna la 5 m/s. În cazul urcărilor cu viteze mai mari de 5 m/s, variometrul nu se va defecta deoareace paleta se va lipi de suport, presiunile din termos şi exterior egalizându-se direct. În momentul când scade viteza de urcare, paleta se va dezlipi de suport datorită cuplului asigurat de către resortul spiral şi va indica din nou viteza de urcare în domeniul 0-5 m/s.

Acest tip de variometru este folosit pe planoare pentru centrarea în termică, fiind mai precis şi mai sensibil (scala totala este de 5 m/s).

6.3. Variometrul cu bile

Variometrul cu bile funcţionează pe acelaşi principiu ca şi variometrele descrise anterior. Curentul de aer care se naşte din cauza tendinţei de egalizare a presiunii dintre exterior şi termos, mişcă bilele din tubul conic de sticlă dupa cum se vede în fig. 6.10, la urcare (a) şi la coborâre (b). Bilele se execută din materiale uşoare şi se colorează în verde pentru urcare şi în roşu pentru coborâre.

6.4. Variometrul electric

La toate variometrele descrise există întârzieri în indicaţii datorită spaţiului capilar. Pentru a se elimina aceste întârzieri s-a construit variometrul electric.

La baza funcţionării acestui instrument stă principiul măsurării vitezei maselor de aer prin metoda firului incandescent. Un fir foarte subţire de platină este încălzit electric, curentul de aer a cărui viteză se măsoară raceşte firul şi prin aceasta îi schimbă rezistenţa electrică.

Măsurarea se bazează pe principiul punţii Wheastone, unde pe doua laturi avem rezistenţele de platină (d), o sursa de alimentare (E), un aparat indicator şi un po- tenţiometru (P) care serveşte la modificarea limitei de măsurare. Potenţiometrul foloseşte la aducerea acului în pozitia "0".

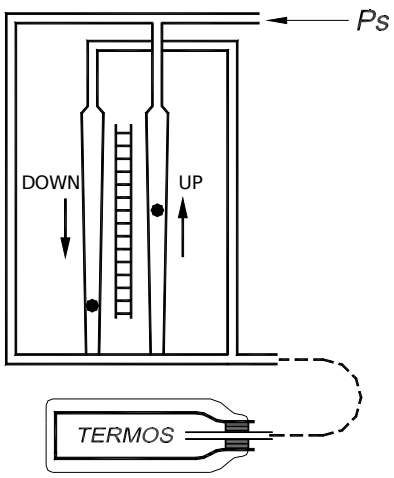


Fig. 6.10. Variometrul cu bile

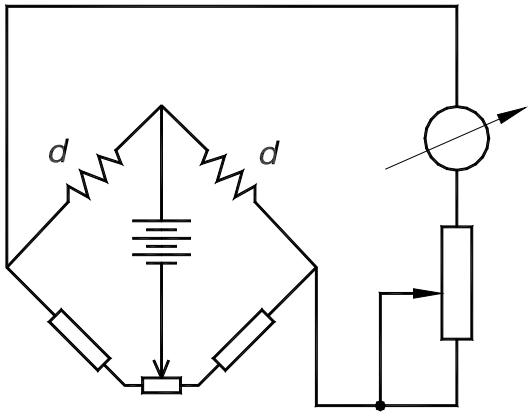


Fig. 6.11. Variometrul electric

6.5. Variometrul cu lichid

Variometrul cu lichid funcţioneaza pe principiul manometrului cu lichid (fig. 6.12.).

Deoarece tubul capilar în care se fac citirile este orizontal nu este în concordanţă cu sensul fizic al indicaţiei, cât şi datorită faptului că lichidul este influenţat de forţele centrifuge şi de inerţie, acest tip de variometru nu se foloseşte în practică.

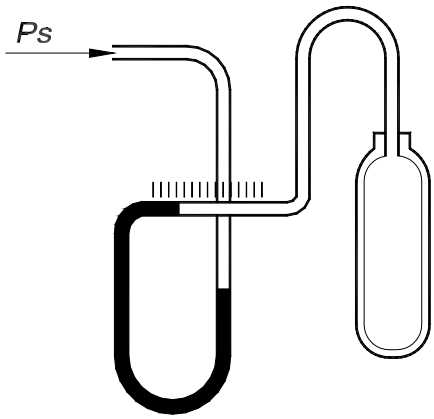


Fig. 6.12. Variometrul cu lichid

6.6. Variometrul de energie totală (VET)

Odată cu apariţia variometrului pe planşa de bord s-a revoluţionat zborul fără motor. Astfel a fost făcut un pas înainte privind zborul de performanţă şi în special zborul în curenţi ascendenţi termici.

Totuşi variometrele normale au un mare dezavantaj şi anume îşi modifică indicaţia în funcţie de viteza de zbor, adică indică şi urcările sau coborârile datorate mişcărilor manşei în profunzime. Pentru centrarea în căminul termic este important să citim la variometru numai valoarea curentului ascendent în diferite puncte ale spiralei.

Dacă analizăm un zbor cu variometrele normale, vom vedea că pilotul care execută un salt cu o viteză de cca. 120-150 Km/h, când va întâlni o ascendenţă, va trage de manşă pentru a putea să execute spirale mai strânse şi să zboare în căminul termic în zona de viteză care asigură înfundarea minimă. În acel moment şi variometrul va indica urcare (datorată atât cabrajului planorului cât şi urcării în căminul ascendent), fapt care va duce în eroare pilotul planorist privind valoarea reală a termicii.

VET caută să elimine această deficienţă a variometrului normal. Denumirea acestui instrument vine de la faptul că urmareşte modificările de energie totală ale aeronavei:

Et = Ec+ Ep, unde:

Et = energia totală a planorului;
Ec = energia cinetică a planorului ce depinde de viteza de zbor;
Ep = energia de poziţie a planorului ce depinde de înălţimea la care se află în zbor.

Ţinând cont că la zborul normal Et = constant, rezultă că se pot modifica energiile Ec şi Ep una în dauna celeilalte. Astfel dacă viteza va creşte prin împingerea manşei, va creşte şi Ec, iar Ep va scădea (deoarece scade înălţimea de zbor).

Dacă, însă planorul intră într-un curent ascendent, el poate câştiga energie potenţială, fără a modifica energia cinetică (Ec), dar în acest caz va creşte energia totală (Et).

Pe pilotul planorist îl interesează tocmai această modificare de energie totală, (Et) datorată curentului ascendent sau descendent.

La mişcările manşei în profunzime VET nu va indica viteza de urcare sau coborâre:

Wt = Wv - W
unde:
Wt este indicaţia VET;
Wv este indicaţia variometrului normal;

W este viteza verticală produsă prin transformarea energiei cinetice în energie potenţială şi invers.

$$W_V = \frac{1}{\alpha} \bullet \frac{P_h}{d_t} \bullet \frac{1}{P_h} \qquad \alpha \bullet P_h = \rho \qquad \alpha \bullet P_T = \alpha \bullet P_h = \rho$$

$$W_t = -\frac{1}{\alpha} \bullet \frac{d_{Ph}}{d_t} \bullet \frac{1}{P_h} + \frac{dv^2}{d_t} \bullet \frac{1}{2\rho}$$

unde Ph este presiunea statică la înălţimea h.
grupând termenii, vom obţine:

$$-\frac{1}{\rho} \bullet \frac{d_{P_T}}{d_t} = \frac{1}{\rho} \bullet \frac{d_{P_h}}{d_t} + \frac{dv^2}{d_t} \bullet \frac{1}{2\rho} \qquad d_{P_T} - d_{P_h} = \frac{\rho}{2g} \bullet dv^2 = d\varphi$$

$$P_T = P_h - \frac{\rho}{2g} \bullet v^2 = P_h - q$$

unde q este presiunea dinamică.

Din relaţia de mai sus se vede că la variometrul de energie totală, faţă de variometrul normal trebuie să i se aplice diferenţa dintre presiunea statică şi cea dinamică.

Această soluţie se poate obţine prin 2 metode:

a. prin folosirea unui variometru normal şi a tubului Venturi modificat în aşa fel că depresiunea din tub să fie proporţională vitezei de înaintare a planorului, adică

$$P_T = P_h - \frac{\rho}{2g} \bullet K$$

unde K = 1 şi este constanta trompei Venturi.

b. prin folosirea unui variometru modificat care se racordează la tubul Pittot. Acest principiu este redat în fig. 6.13.

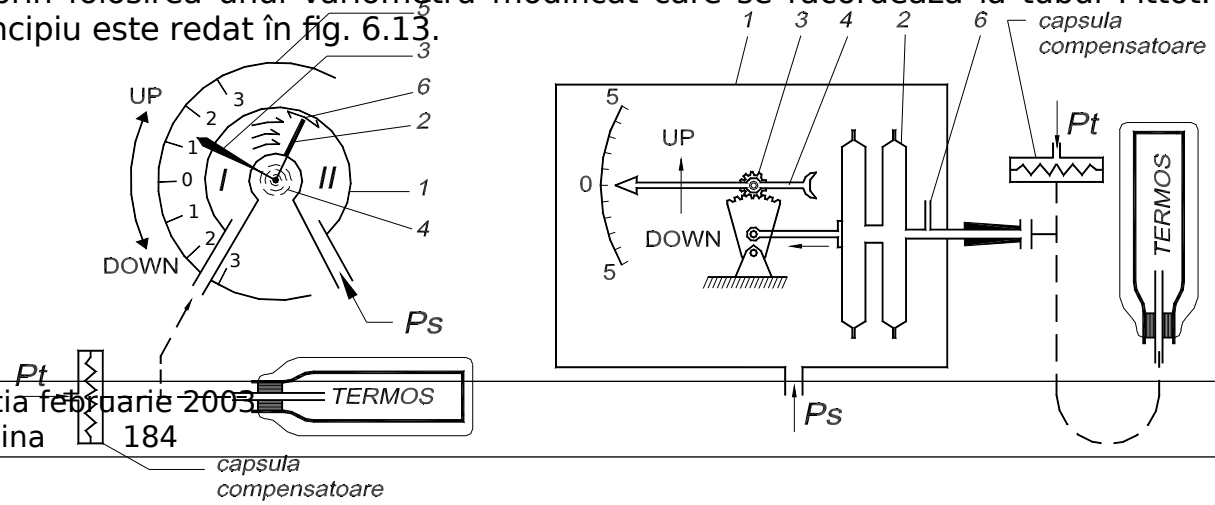


Fig. 6.13. Variometrul de energie totală

După cu se vede, variometrul normal este legat la presiunea statică şi la termos. Paralel cu termosul este legat dispozitivul de compensare prevăzut cu membrană elastică. Membrana este astfel construită ca la variaţia presiunii totale Pt să-şi schimbe volumul cu d_V, mărind presiunea în termos în mod egal cu creşterea presiunii statice d_{Ps}.

Astfel, dacă împingem de manşă, planorul coboară, creşte Ps, dar în acelaşi timp creşte şi Pt (creşte Pd datorită maririi vitezei). La creşterea Pt membrana se va deforma şi va mări presiunea din termos cu o cantitate egală cu creşterea presiunii statice.

În cazul acţionării manşei spre înapoi fenomenele se produc în sens invers. În momentul când planorul urcă în curent ascendent, presiunea statică va scădea, dar presiunea dinamică va rămâne constantă. În felul acesta membrana de compensare nu se va deforma, iar variometrul va indica urcare datorită scăderii presiunii statice.

Această indicaţie este tocmai valoarea curentului ascendent.

6.7. VET cu priza de depresiune (tub Braunschwich)

In acest caz cuplarea prizei de presiune statică a variometrului normal se va face la o priza de depresiune (tub Braunschwich).

În acest caz, la o creştere suplimentară a vitezei, va rezulta o creştere suplimentară a depresiunii care va fi egală şi de sens contrar creşterii de presiune statică, datorată înfundării suplimentare prin picaj.

Pentru obţinerea acestui efect, priza trebuie să capteze o presiune egală cu:

Pp = Ps - q, unde:

Pp = presiune captată de priza Braunschwich;

Ps = presiunea statică;
q = depresiune generată de priză.

Funcţionarea variometrului:

La acţionarea manşei spre înainte va creşte viteza, deci va creşte q. În acelaşi timp, datorită înfundării suplimentare, va creşte şi Ps. La această priză, creşterea lui Ps este anulată de către supţiunea dinamică q. Acest lucru face ca presiunea de priză Pp să rămână constantă, deci variometrul nu va arăta coborâre. Acelaşi fenomen se va întâmpla şi la acţionarea manşei spre înapoi. În momentul când planorul urcă într-un curent ascendent, Ps va scădea în timp ce q va rămâne constantă. Această scădere a presiunii statice va face ca variometrul să indice urcare. Indicaţia variometrului va fi direct proporţională cu valoarea curentului ascendent.
Pentru ca priza să funcţioneze normal, trebuie să aibă coeficientul -1

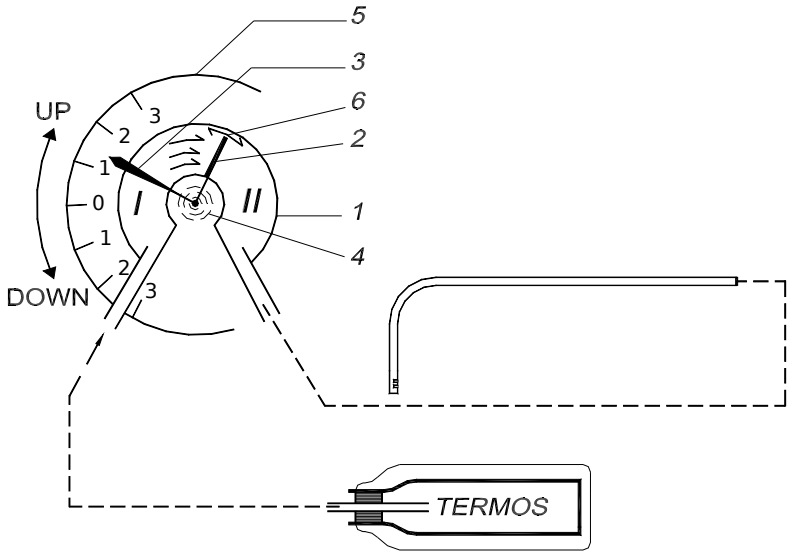


Fig. 6.14. VET cu tub Braunschwich

Chiar dacă priza a fost calibrată la coeficientul **-1**, nu este garantată o funcţionare mulţumitoare întrucât depinde şi de zona turbionară a locului unde a fost montată.

In fig. 3.5. se poate observa construcţia prizei de depresiune (tubul Braunschwich).

Pentru a verifica priza Braunschwich se va cupla un vitezometru de control Vc între presiunea statică şi priza în aşa fel că stuţul carcasei Ps a vitezometrului să fie cuplat la priză, iar stuţul membranei vitezometrului Pt se cuplează la presiunea statică a planorului. În situaţia când priza a fost bine calibrată, cele două vitezometre cel de control şi vitezometrul planorului, în timpul zborului, vor indica aceeaşi viteză.

Dacă vitezometrul Vc indică viteză mai mică, depresiunea generată de priză este sub valoarea cerută şi invers (vezi fig. 6.15.).

Compensarea prizei în cazul unei erori cunoscute:

Graficul din figură arată traiectoria indicaţiilor în caz de compensare înaltă sau joasă.

Astfel, un variometru subcompensat, în timpul creşterii vitezei de la v_1 la v_2 arată o înfundare mai mare decit înfundarea normala, în timp ce la scăderea vitezei de la v_2 la v_1 va arăta greşit în direcţia urcăii. Supracompensarea duce la erori în mod invers, adică la o creştere a vitezei va arăta o înfundare mai mare decât normală.

Dacă după mai multe încercări în zbor vom constata o compensare greşită, va trebui să modificăm priza. La priza cu fantă dublă se poate înlătura subcompensarea prin scurtarea capătului ţevii. La supracompensare, ţeava trebuie prelungită (de exemplu cu cositor). În general modificări de sutimi de milimetru sunt suficiente pentru compensarea prizei.

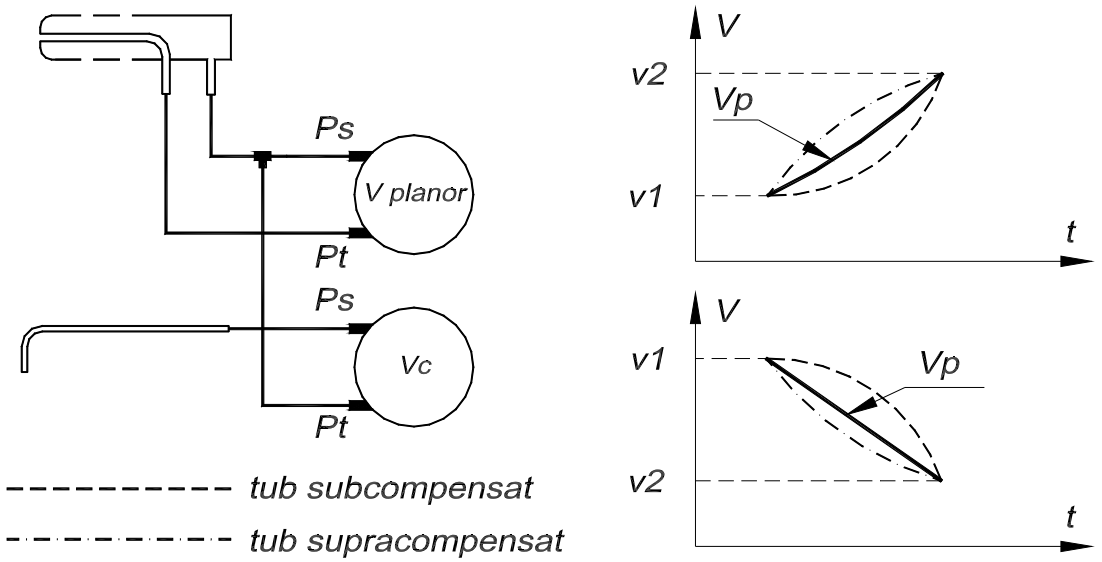


Fig. 6.15. Schema şi grafic de verificare a tubului Braunschwich

7. Indicatorul de viraj şi glisadă

Indicatorul de viraj şi glisadă este compus practic din 2 instrumente:
- indicatorul de viraj si
- indicatorul de glisadă.

7.1. Indicatorul de viraj

Indicatorul de viraj se foloseşte pentru stabilirea direcţiei şi sensului de rotire a aeronavei fata de axa verticala (axa de giratie), cât şi a mărimii virajului.

Indicatorul de viraj are ca element principal un giroscop cu doua grade de libertate (fig. 7.16.)

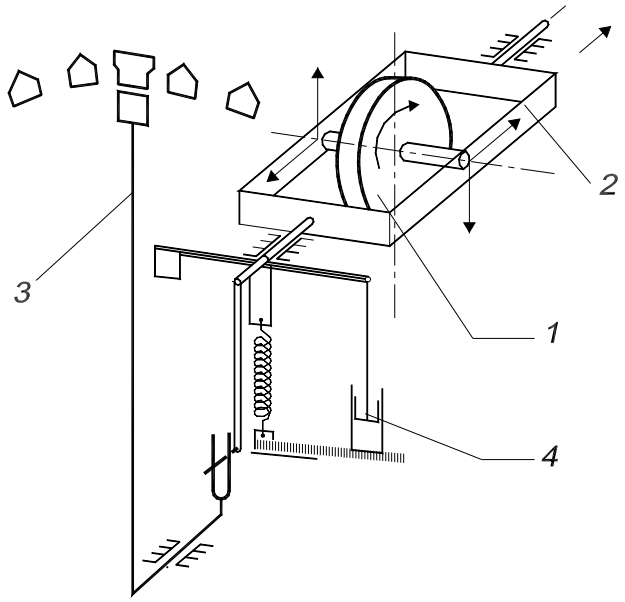


Fig. 7.16. Indicatorul de viraj (giroscopul)

Rotorul giroscopului este acţionat de un electromotor de curent continuu [1]. Axul principal al giroscopului şi axul cadrului sau [2] sunt dispuse paralel cu axa logitudinală şi respectiv transversală a aeronavei. Când aeronava execută un viraj are loc rotirea forţată a giroscopului în jurul axei verticale.

Funcţionarea indicatorului de viraj se bazează pe proprietatea giroscopului de a-şi păstra planul de rotaţie. Astfel, când intervine o foţă perturbatoare din exterior care tinde să-i schimbe planul de rotaţie, giroscopul va genera un moment (momentul giroscopic) care va tinde să suprapună pe drumul cel mai scurt vectorul vitezei de rotaţie proprie a giroscopului cu vectorul forţei perturbatoare. În cazul indicatorului de viraj rolul forţei perturbatoare îl are forţa centrifugă care apare în momentul executării virajului. Deplasarea cadrului giroscopului se transmite acului indicator [3].

Deoarece unghiul de înclinare a cadrului este o funcţie de două variabile: unghiul de înclinare a avionului şi viteza de rotire în jurul axei verticale, scala nu poate fi gradată în unităţi de viteză unghiulară. Din acest motiv instrumentul lucreaza

ca un indicator al prezenţei vitezei unghiulare în jurul axei verticale şi al sensului de rotire. Deşi nu este făcută o calibrare exactă a aparatului deplasarea unghiulară este proporţională cu acceleraţia normală apărută in timpul virajului deci implicit cu viteza de rotire.

7.2. Indicatorul de glisadă

Indicatorul de glisadă se montează de regulă, împreună cu indicatorul de viraj, dând astfel posibilitatea, pilotului să aprecieze dacă virajele se execută corect din punct de vedere aerodinamic.

Indicatorul de glisadă reprezintă un fel de pendul, o sferă de metal care culisează într-un tub curbat din sticlă (fig. 6.17.).

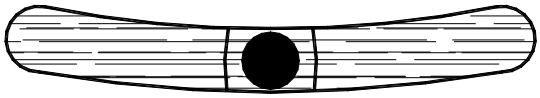


Fig. 7.17. Indicatorul de glisadă (clinometrul)

În zbor orizontal, sub acţiunea greutăţii, bila va ocupa o poziţie între cele 2 repere. În timpul virajului asupra bilei va acţiona, în afara forţei de greutate şi forţa centrifugă şi din acest motiv bila va ocupa o poziţie determinată de direcţia rezultantei celor 2 forţe. Dacă virajul este executat corect, bila rămâne în centrul tubului, între repere, indicând lipsa oricărei componente orientate în lungul aripii (glisadă sau derapaj). Pentru a amortiza oscilaţiile bilei, tubul se umple cu un lichid (toluen, petrol).

8. Compasul de aviaţie

În practica navigaţiei aeriene se deosebesc următoarele categorii de instrumente pentru indicarea directiei de zbor:

- compas magnetic;
- compas giroscopic;
- compas giromagnetic;
- compas giroinductiv.

Deoarece în planorism se utilizează numai compasul magnetic, în continuare va fi descris acesta.

Compasul magnetic (fig. 8.18.) are ca principiu de funcţionare proprietatea acului magnetic de a se orienta pe direcţia liniilor de forţă ale câmplui magnetic terestru. Această orientare a acului magnetic indică direcţia nordului magnetic, iar

când este corelat cu utilizarea unei roze gradate oferă posibilitatea menţinerii deplasării pe o direcţie constantă.

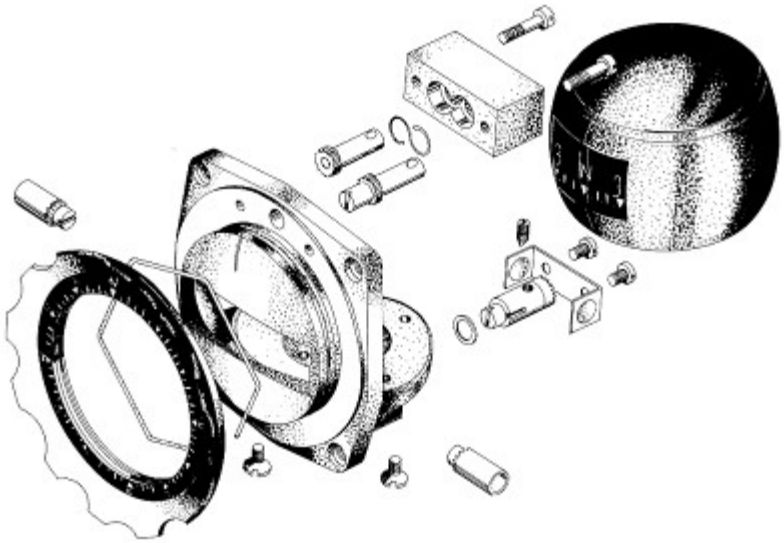


Fig. 8.18. Compasul magnetic

Părtile componente ale unui compas magnetic sunt:
- echipamentul magnetic format din una sau mai multe perechi de ace magnetice [1];
- scala [2];
- plutitorul [3], toate acestea fiind închise într-o
- carcasă umplută cu
- lichid (de amortizare) [5];
- indicele de control [6];
- dispozitivul de compensare [7].

Datorită variaţiilor de temperatură, în compunerea compasului de aviaţie mai există şi o carcasă de compensare formată din una sau mai multe capsule elastice în care intră lichidul când se dilată.

Compasul magnetic va avea anumite erori în indicaţie datorate faptului că pe glob întâlnim o înclinaţie şi o declinaţie magnetică variabile. Totodată vom mai avea erori şi datorită antrenării acelor magnetice şi a rozei gradate în timpul virajelor. Astfel, lichidul se roteşte în sensul virajului datorită inerţiei şi frecării de pereţi. Când virajul încetează, lichidul îşi continuă rotirea din cauza inerţiei şi antrenează şi acul magnetic câteva grade mai mult faţă de direcţia spre care s-a orientat axa aeronavei.

Pentru a reţine mai usor erorile se recomandă metoda de memorare prezentată în tabelul următor.

Metoda de memorare a erorilor comasului magnetic:

DIRECŢIA DE DEPLASARE	MIŞCAREA	INDICAŢIA ROZEI	INIŢIALELE DE MEMORAT
spre sud	viraj stânga	scade	S S S
spre sud	viraj dreapta	creşte	S D C
spre nord	viraj stânga	creşte	N S C
spre nord	viraj dreapta	scade	N D S
spre est	cabraj	creşte	E C C
spre est	picaj	scade	E P S
spre vest	cabraj	scade	W C S
spre vest	picaj	creşte	W C C

Compasul magnetic suferă influenţa maselor metalice de la bord. Din acest motiv nu va putea indica nordul magnetic ci o alta direcţie, **Nordul Compas**. Aceste deviaţii ale compasului se vor micşora prin operaţia de compensare. Dupa ce se efectuează această operaţie de compensare se întocmeşte un grafic (fig. 8.19.) care se afişează la bordul aeronavei:

La calculele de navigaţie se ţine cont şi de acest tabel din care se determină deviaţia compasului $\mathbf{D_c}$.

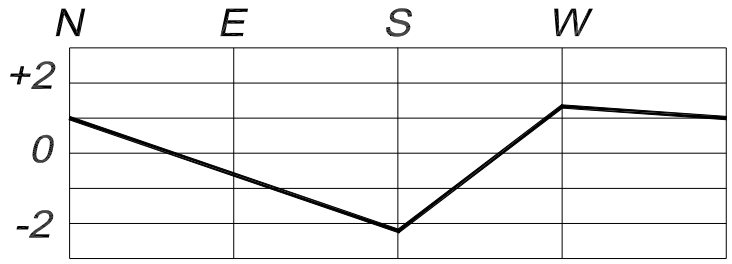


Fig. 8.19. Grafic compensare busola

9. Barograful

Barograful este aparatul care instalat la bordul planorului înregistrează înălţimea la care se execută zborul pe o durata de timp prestabilită.

Barograful funcţioneaza ca şi altimetrul, pe baza deformaţiilor unei (sau mai multor) capsule aneroide în funcţie de presiunea statică (presiunea corespunzătoare înălţimii la care se zboară). Faţă de altimetru, care indică doar înălţimea instantanee, barograful va înregistra pe un tambur înălţimea la care se zboară în funcţie de timp

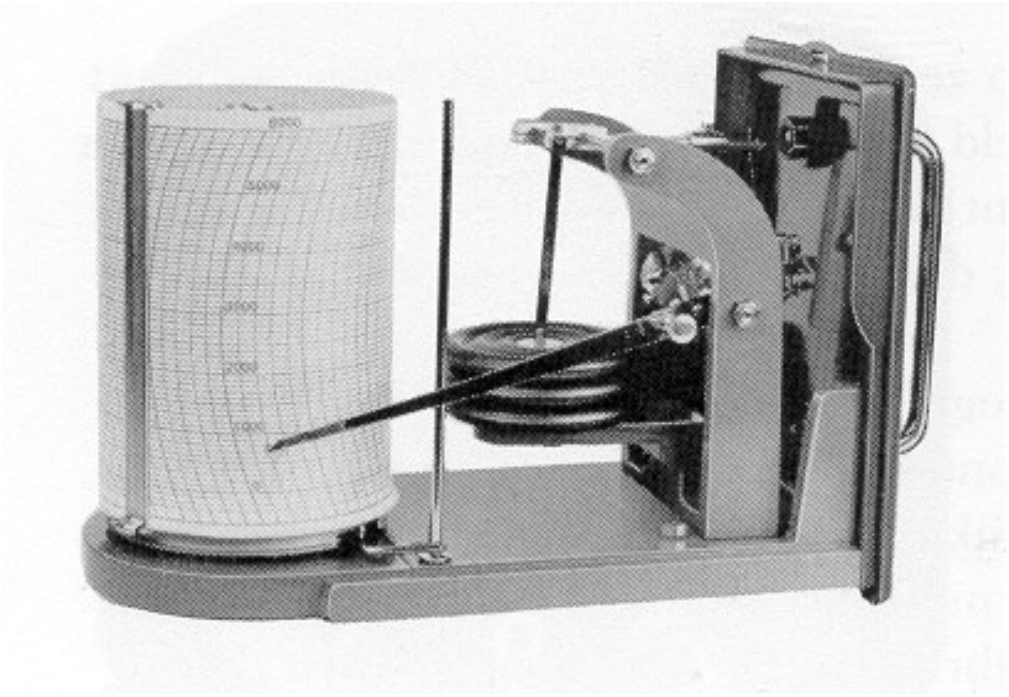


Fig. 9.20. Barograful

Barograful este alcătuit din:
- placa de bază;
- capac;
- capsula pentru presiunea statică;
- capsula aneroidă;
- cilindru;
- sistem de ceasornic sau motoraş electric;
- ac înregistrator;
- sitem de pârghii;
- racord pentru presiunea statică;
- pârghie pentru schimbarea timpului de rotire;
- arc pentru fixarea capacului pe placa de bază (carcasă).

Înregistrarea se poate face pe suport de fum prin zgâriere, sau pe hârtie cu cerneală care conţine glicerină. Cerneala cu glicerină nu se usucă pe peniţă în timpul

funcţionării. Durata de rotire a tamburului poate fi stabilita de pilot la 12, 10, 4 sau 2 ore, iar înălţimea pâna la care se poate înregistra urcarea depinde de tipul barografului şi este precizată pe carcasa acestuia. Barograma înregistrată se va interpreta după zbor studiindu-se următoarele elemente de zbor:
- exploatarea termicii;
- executarea saltului d.p.d.v. al duratei, vitezei şi înălţimii inferioare;
- executarea ultimului salt, etc.

Totodată barogramele înregistrate constituie dovada câstigurilor de înălţime necesare obţinerii insignelor şi omologărilor recordurilor.

10. Schema de legătură a instrumentelor de bord

Instrumentele de bord, în funcţie de sursa de alimentare, se vor racorda la:
- tubul Pittot: vitezometru, variometru, altimetru, VET.
- sursa de curent continuu: giroclinometru, staţie radio.

Giroclinometrul (indicatorul de viraj şi glisadă) se va alimenta de la 2 baterii de 4.5 V. C.C., iar staţia radio de la acumulator de 12 V. C.C.

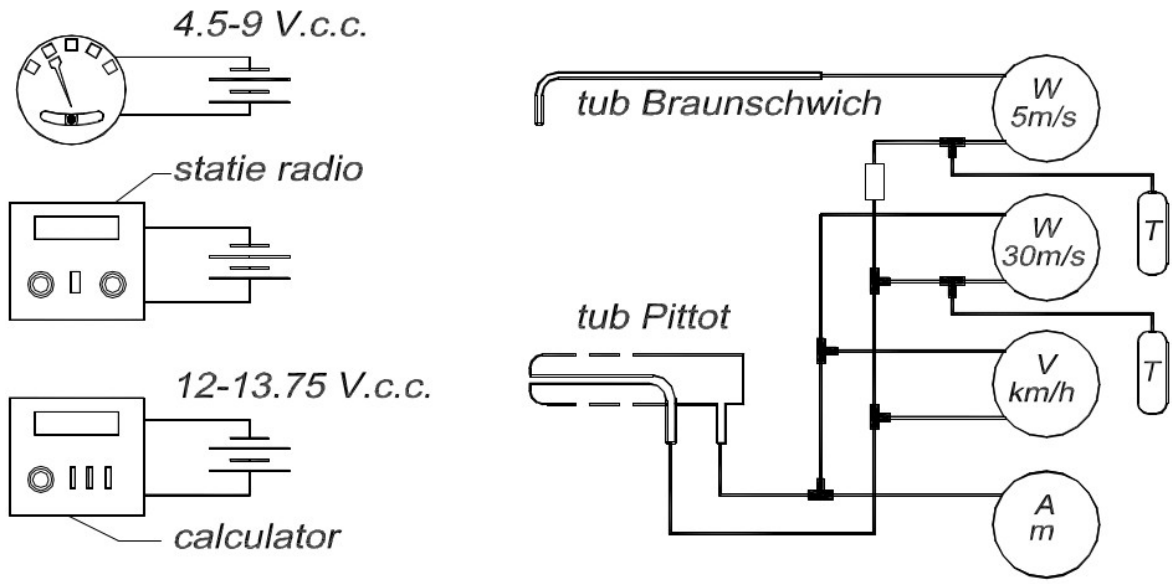


Fig. 10.21. Schema de legătură a instrumentelor de bord

CAPITOLUL VI

Performanţa umanĂ şi limitele sale

Introducere

Odată cu intrarea în serviciu, organismul se adaptează noilor condiţii de viaţă şi de muncă, astfel încât - după un anumit stagiu în producţie - au loc unele modificări funcţionale şi uneori chiar anatomice.

Organismul omenesc este un complex anatomo-fiziologic caracterizat prin aceea că:

- organele şi ţesuturile corpului alcătuiesc un tot unitar, activitatea fiecărei părţi fiind dependentă de activitatea tuturor celorlalte, deci de activitatea întregului organism;

- organismul uman alcătuieşte un tot unitar cu mediul înconjurător (aer, alimente, condiţii meterorologice), sub influenţa căruia el suferă în permanenţă transformări;

- această unitate interdependentă se realizează prin intermediul sistemului nervos, care stabileşte continuu legături între factorii de mediu - externi şi interni - pe calea reflexelor complexe între excitaţie şi reactivitate, în scopul atingerii unui echilibru care constituie adaptarea.

Igiena urmăreşte ca procesul de adaptare să se instaleze fără a dăuna organismului, fie adaptându-se factorii de mediu necesităţilor organismului, fie adaptându-se organismul la anumiţi factori de mediu, în limitele parametrilor fiziologici.

Între organism şi mediu au loc unele schimburi, dintre care cele mai importante sunt respiraţia şi alimentaţia.

- *Respiraţia* este un schimb între organism, care cedează dioxidul de carbon rezultat din arderile interne, şi mediu, care - la rândul lui - îi oferă acestuia aerul, din care îi ia oxigenul. La locurile de muncă pot fi însă prezente în aer diferite nocivităţi, ca pulberi, gaze, vapori, care - depăşind anumite concentraţii pe metrul cub de aer - pot fi dăunătoare organismului pe cale respiratorie sau cutanată, ceea ce determină bolile profesionale.

- *Alimentaţia* constă în luarea din mediul extern a unor substanţe - apă, săruri minerale, vitamine, proteine, lipide şi glucide - necesare organismului care le prelucrează, oferind fiecărui organ ceea ce îi trebuie, şi elimină sub formă de urină şi fecale ceea ce nu-i este trebuincios. Alimentaţia carenţială, în unul sau mai mulţi

factori alimentari, precum şi cea supradozată în raport cu necesităţile duc la boli de nutriţie, cu înrâurire nefavorabilă asupra tuturor organelor.

1. Factori umani

1.1. Factorii umani în aviaţie

Atât factorii de mediu ai macroclimatului, cât şi cei ai microclimatului sunt aceeaşi, adică: presiunea atmosferică, temperatura şi umiditatea aerului, mişcarea aerului, încărcarea sa electrică, radiaţiile solare, acceleraţia, zgomotele şi trepidaţiile. Toţi aceşti factori fizici ai mediului, în care se desfăşoară viaţa şi activitatea omului, variază între anumite limite extreme, înăuntrul cărora se plasează parametrii fiziologici.

1.2. Factorii fizici principali care acţionează asupra omului în timpul zborului

Mediul natural de vieţuire al omului este aerul, cu toate caracteristicile şi variaţiile sale, de la nivelul solului. Învelişul gazos al sferei pământeşti se numeşte atmosferă, iar meteorologia este o ştiinţă - ramură a geofizicii - care se ocupă cu studiul fenomenelor atmosferice.

1) Atmosfera: Straturile componente ale atmosferei, troposfera, stratosfera şi ionosfera, au caracteristici diferite. Acestea au fost prezentate la capitolul Meteorologie

2) Clima: Se înţelege prin climă totalitatea fenomenelor meteorologice (temperatură, vânturi, precipitaţii atmosferice etc.) care caracterizează starea atmosferei la nivelul solului într-un anumit loc geografic. Fenomenele meteorologice, în diverse anotimpuri, în natură liberă - la câmp, în pădure, pe munte - constituie macroclimatul, iar aceleaşi fenomene meteorologice, care se întâlnesc în spaţii închise, în interiorul încăperilor, al vehiculelor sau al aeronavelor - deci de valori deschise - constituie microclimatul.

a) *Macroclimatul*, fiind în funcţie de condiţiile naturale ale vecinătăţilor, nu poate fi decât cu greu modificat de către om, prin plantări masive, creare de lacuri mari de acumulare, barând apele curgătoare, etc.

b) *Microclimatul*, în schimb, fiind în funcţie de construcţia încăperii, a vehicului terestru, acvatic sau aerian, poate fi modificat atât prin elementele de construcţie, cât şi prin agregate de întreţinere a aerului condiţionat la anumite valori ale factorilor meteorologici, privind temperatura, umiditatea, curenţii, compoziţia chimică, etc.

3) Presiunea atmosferică: Acest factor uman a fost prezentat în cadrul capitolului meteorologie.

4) Radiaţia solară: Totalitatea radiaţiilor, pornite de la soare şi ajunse în troposferă, constituie radiaţia solară care este în funcţie de activitatea solară, de anotimp, de puritatea atmosferei, de altitudine şi de poziţia diurnă solară pe bolta cerească. Această totalitate de radiaţii, descompusă în radiaţiile componente,

constituie spectrul de energie radiantă al soarelui. Fiecare fel de radiaţie solară îşi are denumirea proprie şi proprietăţi specifice, aşa cum se arată în cele ce urmează.

a) *radiaţiile luminoase* compun lumina alba, de zi, de intensitate maximă când poziţia soarelui este la zenit, deasupra capului. Ele conţin cele şapte culori fundamentale cunoscute sub denumirea de spectru solar - roşu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo şi violet - fiecare având lungimi de undă diferite, cea mai mare la roşu şi cea mai mică la violet.

b) *radiaţiile calorice, infraroşii*, se găsesc la periferia spectrului solar, spre roşu, şi au o lungime mare de undă.

c) *radiaţiile chimice ultraviolet* sunt situate spre violet şi au o lungime scurtă de undă.

5) Altitudinea: Pe măsura creşterii altitudinii, scade densitatea aerului - care se rarefiază -, scade umiditatea şi scad aerosolii din suspensia aeriană, astfel încât, subţiindu-se acest filtru ocrotitor al pământului, are loc o creştere a intensităţii tuturor radiaţiilor solare, îndeosebi a radiaţiilor ultraviolete şi a celor infrafoşii.

6) Temperatura aerului: Aceasta variază în funcţie de mişcarea de revoluţie a pământului în jurul soarelui, adică de anotimpuri, de mişcarea de rotaţie a pământului în jurul axei sale, adică de poziţia aparentă a soarelui pe cer determinând ziua şi noaptea, de poziţia locului faţă de latitudinea nordică şi sudică, de poziţia locului georgrafic faţă de relief - munţi, dealuri, mări, oceane - respectiv de altitudine, curenţi de aer, vânturi, umiditate, nori, ceaţă, ploaie, zăpadă, etc. Se deosebesc, deci, două zone mari: zona rece şi zona caldă.

a) în *zona rece* predomina zăpadă, cu mare putere de reflexie a radiaţiilor, mărind intensitatea radiaţiilor vizibile - luminoase - şi a celor ultraviolete, cu temperatura medie între -7^0C şi 13^0C şi cu vânturi frecvente şi puternice, cu viteza de 4-7 până la 20 m/s. Aceasta este zona de pornire a anticicloanelor.

b) în *zona caldă* predomină radiaţia solară calorică, deci radiaţiile infraroşii, care determină o temperatură ridicată, o rarefiere a aerului, cu mişcări vertical ascendente şi descendente şi cu zona de pornire a cicloanelor.

7) Electricitatea atmosferica: În atmosferă, electricitatea este de natură statică, sub formă de ioni pozitivi şi negativi, intensitatea sa variază în funcţie de cantitatea elementelor radioactive şi de radiaţia solară, precum şi de intensitatea undelor electromagnetice şi a radiaţiilor gama. Intensitatea radiaţiilor cosmice primare scade prin creşterea presiunii şi a temperaturii, deci creşte odată cu altitudinea.

8) Umiditatea atmosferică: Acest factor a fost prezentat în capitolul meteorologie aeronautică.

9) Mişcarea aerului: Păturile de aer, mişcându-se, dau naştere vântului, care se prezintă sub formă de curenţi de aer, la diverse niveluri faţă de sol, în diverse direcţii şi cu diverse viteze. Crescând altitudinea, deci aerul rarefiindu-se, creşte şi viteza vânturilor. Viteza de până la 5 km/h o are un vânt foarte uşor.

Crescând viteza de deplasare a aerului, vânturile au diverse tării, cu viteze intre 10 şi 400 km/h, când se transformă în furtuni şi uragane.

10) Forţele mecanice: În timpul zborului forţele mecanice variază invers proporţional cu altitudinea, şi anume cu cât creşte altitudinea, cu atât scad forţa de atracţie universală, valoarea forţei gravitaţionale a pământului, greutatea corpului aflat în zbor - până la imponderabilitate - ele fiind într-o anumită corelaţie progresivă şi cu viteza de zbor.

11) Acceleraţia aeronavei: Pentru o aeronavă, acceleraţia este determinată de variaţiile vitezei de mişcare, ca intensitate şi direcţie, şi de modificarea lor simultană. Ea poate fi liniară - pozitivă la decolare şi negativă la aterizare - şi poate fi radială sau unghiulară, la viraje. În timpul acceleraţiei de decolare, călătorii sunt deplasaţi înapoi, iar la aterizare - înainte. În timpul aterizării forţate, acceleraţia liniară este maximă, iar tendinţa de deplasare a călătorilor spre înainte este bruscă şi, deci, periculoasă.

12) Zgomotul: Caracteristica zborului unei aeronave este zgomotul generat de vibraţiile aerului, datorită elicei care spintecă aerul, eşapamentului motorului şi curenţilor de aer care izbesc părţile avionului, având intensitatea maximă în faţa aeronavei.

Zgomotul se măsoară în unităţi de măsură speciale, numite decibeli, cu aparatură specială. Zgomotul de intensitate maximă suportabil de către om un timp mai îndelungat nu trebuie să depăşească 60-70 dB. Intensitatea zgomotului aeronavelor care zboară cu viteze de până la 875 km/h depăşeste 130 dB, avioanele supersonice produc zgomote de 180 dB, iar rachetele de 195 dB, motiv pentru care interioarele aeronavelor sunt prevăzute cu izolaţie fonică pentru reducerea zgomotului - la locul echipajului şi al călătorilor - sub 70 dB.

1.3. Competenţa şi limitări

Există factori care influenţează deprinderea, fie în mod pozitiv, fie negativ. Dintre aceştia trebuie reţinuţi următorii:

- interesul faţă de profesie, când există şi cu cât există mai pronunţat cu atât deprinderile se instalează mai repede şi mai bine;
- starea generală de sănătate fizică şi psihică, care cu cât este mai bună, cu atât mai mult influentează pozitiv deprinderile şi invers;
- cu cât experienţa din trecut este mai mare în domenii similare sau în acelaşi domeniu, cu atât deprinderile sunt influenţate mai pozitiv;
- autocontrolul permanent al calităţii deprinderilor conduce la perfecţionarea lor;
- simplitatea structurii deprinderilor conduce spre măiestria deprinderilor de zbor.

Condiţiile meteorologice anormale, dificile modifică structura deprinderilor normale de zbor şi influenţeaza negativ echipajul.

1.4. Formarea pilotului competent

1.4.1. Abordarea tradiţională a "îndemânării": Posibilitatea funcţională a organismului de a face faţă muncii în timpul admis ca necesar, cu aceeaşi intensitate şi calităţi constituie capacitatea de muncă. Factorii principali care influenţează capacitatea de muncă sunt:

- deprinderea motorie;
- antrenamentul;
- regimul de viaţă;
- regimul de muncă;
- stările emotive;
- starea de sănătate;
- condiţiile de mediu.

a) *Deprinderea motorie:* Dobândirea deprinderii motorie se câştigă numai prin muncă şi prin exerciţiu. Munca constă în executarea diferitelor mişcări cu un anumit scop, coordonate de sistemul nervos central, în special de scoarţa cerebrală. La început mişcările sunt gândite, iar ulterior unele sunt realizate în mod reflex automat. La dobândirea deprinderilor motorii, în afară de experienţa proprie, mai participă şi experienţa altora, transmisă prin cuvântul vorbit, prin demonstraţii şi prin lecturi.

b) *Antrenamentul:* Fiind o repetare a mişcării exerciţiul face să se concentreze în scoarţa cerebrală numai acele mişcări care sunt absolut necesare, exerciţiile inutile eliminându-se treptat prin procesele de inhibiţie ale scoarţei cerebrale. Astfel efortul inutil şi mişcările de prisos dispar iar energia este consumată strict doar pentru efectuarea mişcării solicitate cu maximum de economie pentru organism.

c) *Deprinderea de zbor:* În meseria de aeronavigant deprinderea constituie un imperativ. Ea este o acţiune cu un anumit scop, bine însuşită care depinde de stereotipul dinamic realizat prin antrenament. Deprinderea de zbor ia naştere prin exerciţii, când acţiunea ca parte componentă a compexului deprinderii de zbor este dirijată, organizată şi repetată de mai multe ori, ceea ce conduce la accelerarea ei deci la scurtarea timpului de efectuare. Acţiunea trebuie să fie corectă şi de bună calitate pentru a îmbunătăţi deprinderea de zbor, care se manifestă ca un sentiment de uşurare, de mulţumire, de emoţie pozitivă atunci când viitorul aviator constată el însuşi sau i se spune că acţiunea a reuşit.

Fazele deprinderii:

- faza preliminară se caracterizează prin lipsa de dexteritate, când acţionează mintal, intelectual, senzorial;
- faza de formare se caracterizează prin mişcări repetate;
- faza de menţinere;
- faza de înaltă automatizare.

1.4.2. Abordarea factorilor umani către "profesionalism": Pentru a ajunge la profesionalism personalul aeronavigant trebuie să fie bine antrenat, să aibă un pachet vast de cunoştiinţe în domeniul zborului, iar din punct de vedere medical acesta trebuie să fie perfect sănătos. Acest lucru se verifică anual în cadrul unor examene medicale cu specific de aviaţie (barocamera, scaun giroscopic). În cadrul vizitei medicale periodice se urmăresc parametri de rezistenţă umani şi se încearcă îmbunătăţirea acestora prin diferite metode bine stabilite.

1.5. Statistici de accidente

În anul 1999 au avut loc zece evenimente de zbor din care opt au fost datorate erorilor umane, iar două au avut loc din motive tehnice. De-a lungul anilor statistic s-a demonstrat că majoritatea evenimentelor de zbor s-au datorat erorilor umane. Pentru a se reduce numărul acestor evenimente s-a ceat serviciul "Securitatea zborului" care se ocupă cu informarea personalului navigant în acest domeniu şi cu luarea de măsuri pentru a creşte siguranţa zborului.

Evenimentul de zbor poate fi catalogat ca accident sau incident.

Accidentul poate fi:

- catastrofă (când mor mai mulţi oameni, iar aeronava este distrusă complet);
- accident grav (când pilotul moare, iar aeronava este distrusă complet);
- rupere (când pilotul este rănit, iar aeronava este distrusă în proporţie de 60%);
- avarie (când aeronava este distrusă în proporţie de sub 50%).

Incidentele pot fi:

- serioase (când apar pe parcursul decolării şi aterizării, cu distrugerea aeronavei în proporţie de până la 10%;
- obişnuite (care apar pe parcursul întregului zbor şi sunt rezolvate corespunzator).

1.6. Concepte de siguranţă a zborului

- Conceptul metodico-organizatoric de zbor;
- Conceptul tehnic de exploatare;
- Conceptul psiho-medical;
- Conceptul stiinţific.

2. Fiziologia aeronautică de bază şi întreţinerea sănătăţii

2.1. Bazele fiziologiei zborului

2.1.1. Stratificarea atmosferei: Atmosfera este stratificată după cum urmează:

- troposfera - de la nivelul solului între 8 - 18 km;
- stratosfera - de la nivelul troposferei între 18 - 90 km;
- ionosfera - de deasupra stratosferei între 90 - 800 km.

Troposfera este mediul unde navighează avioanele caracterizat prin scăderea progresivă în altitudine a temperaturii şi a presiunii, având straturi neomogene de aer în mişcare sub formă de curenţi.

Troposfera este constituită din gaze într-o anumită proporţie: azot 78,9%; oxigen 20,95%; argon 0,93%; bioxid de carbon 0,03%. Restul de câteva sutimi îl formează gazele rare cum ar fi: hidrogenul, heliu, radonul, neonul, criptonul, xenonul, metanul, ozonul. Cu toate că aceste gaze au greutăţi specifice diferite, din cauza mişcărilor atmosferei nu se pot stratifica în raport cu densitatea lor aşa că până la altitudinea de cca. 70 km compoziţia aerului este aproape omogenă.

2.1.2. Necesarul de oxigen pentru ţesuturi: În timpul zborului, funcţiunea respiratorie poate suferi cel mai mult din cauza scăderii presiunii atmosferice, care atrage după sine o scadere concomitentă a presiunii parţiale a oxigenului din aer.

La sol, plămânii nostri absorb pe minut o capacitate de oxigen suficientă nevoilor de funcţionare a organismului omenesc, datorită excedentului de presiune a oxigenului atmosferic asupra oxigenului pulmonar.

La înălţime presiunea oxigenului scăzând, organsimul se găseşte în situaţia de a depune un efort respirator suplimentar pentru a absorbi oxigen necesar, putându-se adapta acestei situaţii până la cca. 3500 - 4000 m (această înălţime variază cu aptitudinilile individuale ale zburătorului în condiţiile monotone de zbor).

La înălţimi mai mari organismul nu mai poate compensa printr-un efort de respiraţie, lipsa de oxigen, de aceea este necesar un aparat special, inhalatorul de oxigen, care să-l alimenteze.

2.2. Sistemul respirator şi circulator

a) *Sistemul respirator* manifestă o scădere a capacităţii pulmonare, prin faptul că scade aerul pulmonar de rezervă în cel complimentar, capilarele sanguine pulmonare sunt congestionate, mişcările respiratorii cresc ca frecvenţă pe minut peste 16, cât este normal în repaus la adult, dar amplitudinea (profunzimea) lor

este mică, adică respiraţia este frecventă dar superficială, ceea ce implică o scădere a aportului de oxigen prin inspiraţie şi o diminuare a eliminării bioxidului de carbon prin expiraţie.

b) *Sistemul circulator* se manifestă prin creşterea pe minut a volumului cardiac, ceea ce implică o suprasolicitare a inimii, manifestată prin accelerarea pulsului de la 70 pe minut cât este normal până la 120 - 150 bătăi pe minut, deci o frecvenţă crescută a contracţiilor cordului. Aceste simptome circulatorii sunt însoţite şi de tensiunea emoţională din timpul zborului, care şi ea face să crească viteza de circulaţie adică tensiunea sistolică. Aceste reacţii cardiovasculare sunt reacţii compensatorii de adaptare la altitudine, pentru a mări aportul de oxigen, a creşte irigarea cu sânge a creierului, a cordului şi a pulmonului, paralel cu scăderea irigării sanguine a muşchilor şi a celorlalte organe, inclusiv pielea, care marchează paloarea tegumentelor. Pe de altă parte scăderea bioxidului de carbon aduce o micşorare a debitului sanguin la nivelul creierului şi cordului, paralel cu mărirea dilataţiei maselor periferice, care condiţionează astfel congestia tegumentelor anterior palide.

În sânge scade cantitatea de hemoglobină, care este suportul de transport al oxigenului de la plămân la ţesuturi şi al bioxidului de carbon în sens invers.

Acţiunea decompresiei rapide asupra organismului uman în timpul zborului:

Odată cu zborurile în stratosferă, în aviaţia modernă s-au impus cabinele presurizate care asigură menţinerea unei presiuni barometrice mult crescută faţă de cea a înălţimii de zbor şi menţinerea unei temperaturi optime, constantă în interiorul cabinei. Dezavantajul major al acestor cabine presurizate este reprezentat de posibilitatea deteriorării lor, caz în care presiunea din interior devine egală cu cea a atmosferei înconjurătoare, acesta este fenomenul de decompresie care, după viteza de realizare poate fi lentă, rapidă sau explozivă. Decompresia rapidă se realizează într-un timp foarte scurt. Acest tip este condiţionat de:

- altitudinea la care se produce decompresia;
- diferenţa de presiune realizată în cabină;
- tipul în volumul cabinei;
- dimensiunile orificiului de comunicare cu exteriorul.

În condiţiile decompresiei, asupra organismului acţionează în primul rând scăderea presiunii barometrice care antrenează o serie de tulburări din partea organelor cavitare abdominale, a urechii medii, a sinusurilor feţei şi din partea aparatului respirator. Un alt element care reprezintă un real pericol în cazul decompresiei este hipoxia. Acţiunea acestui factor este însă anihilată de aparatul de oxigen şi de costumele folosite astăzi în aviaţie.

Posibilitatea apariţiei tulburărilor de decompresie nitroembolice constituie un alt risc important al decompresiei.

În timpul decompresiei un mare număr de mecanoreceptori de la nivelul pulmonilor, căilor respiratorii superioare, tractului gastrointestinal, sinusurile feţei şi

urechii mijlocii sunt supuşi unor puternice excitaţii care sunt transmise centrilor nervoşi superiori, acest mecanism ar putea explica modificările tensiunii arteriale, creşterea tensiunii lichidului cefalorahidian sau bradicardia, fenomene care se întâlnesc în timpul producerii decompresiei. Efectele negative ale decompresiei pot fi diminuate printr-o corectă selecţie medicală a personalului navigant ce execută zboruri la mare înălţime şi prin aplicarea tuturor măsurilor adecvate de profilaxie.

Acceleraţii

Influenţa acceleraţiilor din timpul zborului asupra organismului pilotului şi mijloace de întărire a rezistenţei organismului la acţiunea acceleraţiilor

În timpul zborului piloţii pot fi supuşi acţiunii următoarelor tipuri de acceleraţii:

- acceleraţii rectilinii;
- acceleraţii centripete şi radiale (cele mai frecvente);
- acceleraţii unghiulare;
- acceleraţii Coriolis.

Influenţa exercitată de acceleraţii asupra organismului depinde de:

- valoarea acceleraţiilor;
- tipul de acţiune al acceleraţiilor;
- gradientul acceleraţiilor;
- direcţia acceleraţiilor în raport cu axul corpului;
- frecvenţa acţiunii acceleraţiilor;
- starea organismului supus acţiunii acceleraţiilor.

În cazul acţiunii acceleraţiilor centripete în direcţia cap - bazin (cazul cel mai frecvent), tulburările produse în organism sunt în special de ordin circulator, prin mecanismele sale neuroreflexe, organele caută să corecteze continuu efectele mecanice ale acceleraţiilor. Pe lângă tulburările circulatorii sunt remarcate şi unele modificări ale activităţii nervoase superioare. Acceleraţiile care acţionează în direcţia bazin-cap produce tulburări mult mai severe decât precedentele. Omul tolerează cel mai bine acceleraţiile care acţionează în direcţia piept-spate sau spate-piept. Acceleraţiile Coriolis prezintă importanţă prin acţiunea exercitată asupra labirintului urechii.

Factorii de care depinde toleranţa organismului la acţiunea acceleraţiilor sunt grupate în următoarele categorii:

1) *Factori ai zborului*: direcţia de acţiune a acceleraţiilor, valoarea acceleraţiilor, durata de acţiune a acceleraţiilor, direcţia pe care se exercită acceleraţia, condiţiile de microclimat ale cabinei avionului, scăderea presiunii parţiale a oxigenului inspirat.

2) *Factorii fiziologici*: oboseala, efortul muscular intens, alimentaţia neraţională, antrenamentul fizic.

3) *Factorii patologici*: afecţiuni febrile, afecţiuni gastrointestinale, afecţiuni anoxemiante, intoxicaţii cu alcool şi tutun.

Mijloacele cu ajutorul cărora se poate mări rezistenţa organismului la acţiunea acceleraţiilor se grupează astfel:

- mijloace de călire şi întărire a organismului;
- antrenamente speciale;
- mijloace tehnice speciale;
- regim de muncă, odihnă şi alimentar raţional.

3. Omul şi mediul; sistemul senzorial

a) *Sistemul nervos central şi periferic*: Legătura organismului cu mediul înconjurător, precum şi reglarea activităţii ţesuturilor, organelor şi sistemelor de organe sunt realizate de sistemul nervos. Prin intermediul acestuia, organismul se orientează în lumea înconjurătoare şi se adaptează la condiţiile de viaţă, adică se integrează în mediu. Sistemul nervos reprezintă totalitatea ţesuturilor diferenţiate în vederea recepţionării, transmiterii şi integrării informaţiilor sau mesajelor privite din exteriorul sau interiorul corpului şi elaborarea răspunsurilor adecvate acestor informaţii, mesaje.

Informaţiile, mesajele culese din lumea exterioară asigură viaţa de relaţie a individului, iar cele culese din interiorul organismului asigură viaţa şi funcţionarea organelor şi ţesuturilor.

În concluzie, putem scrie că sistemul nervos, are rolul de a pune organismul în legătură cu mediul înconjurător, de a-l adapta faţă de condiţiile mereu în schimbare ale acestuia, stabilind prin aceasta unitatea dintre organism şi mediu, precum şi de a conduce şi coordona funcţiile tuturor ţesuturilor, organelor şi sistemelor de organe realizând prin acesta, alături de sistemul conjunctiv şi cel endocrin, unitatea organismului.

Sistemul nervos central este format din encefal şi măduva spinării.

Sistemul nervos periferic este format din ganglioni şi din nervi.

b) *Pragul senzorial:* Desfăşurarea activităţii şi respectiv comportamentul individual de pilotaj se bazează pe informaţie. De alminteri nici nu se poate concepe un proces de reglare în sfera utilizării unei informaţii adecvate şi suficiente din punct de vedere cantitativ. Componenta senzorială are tocmai rolul de a selecta şi recolta informaţii utile pentru elaborarea şi efectuarea operaţiilor sau acţiunilor reglatoare.

c) *Adaptabilitatea* exprimă capacitatea sistemului de a-şi modifica traiectoria comportamentală sub influenţa unor factori noi din mediu şi de a elabora răspunsuri de natură să-i menţină echilibrul şi indicatorii de eficienţă. Această proprietate depinde mai ales de sistemul de comandă, care recepţionând şi prelucrând informaţia, poate testa şi stabili atât noutatea situaţiilor de la intrarea sistemului cât şi semnificaţia lor.

d) *Reflexe:* Sistemul nervos central, care prin nervii senzitivi, primeşte ştiri din fiecare organ despre starea funcţionalităţii lui, determină prin impulsurile pe care le trimite, o anumită ordine şi un anumit nivel de funcţionare al organelor şi

sistemelor de organe din organism. Această coordonare care se realizează prin sistemul nervos, se numeşte coordonare nervoasă sau coordonare reflexă.

Coordonarea reflexă poate prezenta două aspecte: coordonarea reflex-necondiţionată şi coordonarea reflex-condiţionată.

Coordonarea reflex-necondiţionată este coordonarea pe care organismul o are din momentul naşterii, de aceea se mai numeşte coordonare reflexă înnăscută.

Coordonarea reflex-condiţionată este condiţionarea pe care organismul o dobândeşte în timpul vieţii, de aceea se mai numeşte coordonare reflexă dobândită.

e) *Vederea:* Simţul văzului are alături de simţul auditiv şi cel kinestezic, rolul important de orientare conştientă în spaţiul şi în menţinerea echilibrului corpului.

- *Câmpul vizual* - prin câmpul vizual al unui ochi, înţelegem acea parte a lumii externe cuprinsă de ochiul respectiv atunci când privirea sa este fixată într-o direcţie anumită. El este determinat de celulele fotosensibile aflate la periferia retinei (vedere periferică). Ele au rolul important în lărgirea câmpului vizual necesar în orientarea în spaţiu, în precizarea formei, mărimii şi distanţei corpului în natură. Câmpul vizual al fiecărui ochi cuprinde în meridianul orizontal un unghi de circa 160^0 iar în meridianul vertical un unghi de 145^0. Printr-o linie verticală care trece prin punctul de fixare, câmpul vizual este împărţit într-o parte extremă sau temporală care are o deschidere de circa 100^0 şi o parte internă sau nazală, care are o deschidere de circa 60^0, iar printr-o linie orizontală este împărţit într-o poziţie superioară şi una inferioară. Razele luminoase care provin din jumătatea temporală cad în jumătatea nazală a retinei, iar acelea care provin din jumătatea nazală a câmpului vizual se proiectează pe jumătatea temporală a retinei.

- *Vederea binoculară:* Vederea cu un singur ochi (monoculară) este imperfectă. Vederea binoculară, adică cu ambii ochi, ne dă posibilitatea să vedem obiectele în relief, în adâncime şi să apreciem astfel distanţa la care se găsesc. Câmpul vizual şi acuitatea vizuală sunt cu mult mai mari decât la vederea monoculară. Condiţia esenţială pentru a avea această percepere este ca imaginea formată în fiecare ochi să se proiecteze pe aceleaşi regimuri ale celor două retine.

- *Vederea nocturnă:* Vederea nocturnă este asigurată de celulele cu bastonaşe. Cantitatea insuficientă a vitaminei A în alimentaţie poate provoca boala numită hemeralopie. Individul vede foarte bine în timpul zilei, dar cum începe amurgul vederea scade şi noaptea nu mai vede deloc. Aceasta se explică prin faptul că la baza formării purpurului retinian stă vitamina A. Or acestea lipsind, se tulbură funcţia celulelor cu bastonaşe care asigură vederea nocturnă.

f) *Auzul* - analizatorul acusticovestibular: Segmentul periferic al analizatorului acusticovestibular este urechea, care este un organ pereche şi conţine aparatele receptoare a două simţuri:

- simţul auzului asigurat prin analizatorul acustic;
- simţul poziţiei spaţiale şi a echilibrului corpului asigurat prin aparatul vestibular.

Urechea se împarte în trei părţi: urechea externă, urechea medie şi urechea internă, care cuprinde atât aparatul de recepţie al simţului auzului cât şi aparatul de recepţie al simţului poziţiei spaţiale şi orientării mişcării corpului.

g) *Fiziologia analizatorului auditiv:* Analizatorul auditiv este un analizator fizic de distanţă (telereceptor). Excitantul său natural este sunetul.

Sunetele sunt de două feluri: sunete muzicale şi zgomote. Orice sunet are un anumit număr de vibraţii. Urechea noastră poate percepe sunete cu o frecvenţă cuprinsă între 16 şi 20000 de Hz/sec. Totalitatea sunetelor cuprinse între aceste limite alcătuiesc ceea ce se numeşte scara tonală sau câmpul auditiv.

Sunetele care au sub 16 Hz/sec numite infrasunete nu sunt percepute sub formă de senzaţii auditive ci sub formă de senzaţii tactile, iar sunetele care au peste 20000 Hz/sec numite ultrasunete, de asemenea, nu sunt percepute de urechea noastră, ele pot produce uneori senzaţii de durere. Limitele de mai sus corespund adolescenţilor. Pe măsură ce înaintăm în vârstă, limita superioară scade iar la bătrâni fiind de 12-14000 Hz/sec.

Riscuri pentru auz datorate zborului.

- Vezi capitolul barotraumatisme

h) *Echilibrul:* Alături de alte organe de simţ, aparatul vestibular îndeplineşte funcţia de menţinere a echilibrului corpului, atât în stare de repaus cât şi în timpul mişcării, informând sistemul nervos central asupra sensului şi variaţiei vitezei mişcării capului sau a întregului organism, precum şi de poziţia acestora în spaţiu.

Aceasta se realizează prin reflexe statice de postură şi de redresare şi prin reflexe statokinetice.

Prin reflexe statice de postură şi de redresare se menţine stabilitatea capului când stăm pe loc, iar prin reflexe statokinetice când ne aflăm în stare de mişcare.

i) *Mişcări, accelerare, verticalitate:* Cercetările au stabilit că modificarea direcţiei în mişcarea capului sau simultan a corpului în plan orizontal, ne este indicată de pata auditivă din utriculă, iar mişcarea în direcţie verticală de pata auditivă din saculă, ele sunt în legătură cu reflexele statice de postură şi de redresare.

În ceea ce priveşte mişcările circulare şi de rotire ale capului sau şi ale corpului în acelaşi timp, acestea ne sunt indicate de crestele auditive, ele sunt în legătură cu reflexele statokinetice.

Menţinerea permanentă a echilibrului corpului în staţionarea pe loc, în timpul mersului sau în alte mişcări, prin reflexele vestibulare, este rezultatul coordonării contracţiei şi relaxării diferitelor grupe de muşchi ai corpului.

În poziţia verticală stationară, în mers, fugă sau alte mişcări ale corpului controlul aparţine centrilor corticali. Dacă în unele cazuri, acest central activ lipseşte, echilibrul corpului este menţinut pe cale reflexă prin centrii nervoşi din etajele inferioare ale nevraxului.

Dacă excitaţiile adecvate ale aparatului vestibular depăşesc o anumită limită (datorită acceleraţiilor mari): rotire prea rapidă, legănări puternice, poziţii neobişnuite ale corpului şi capului ele provoacă o serie de reacţii negative, ameţeli,

transpiraţii reci, roşeaţă sau paloarea feţei, greaţă, vărsături, modificarea frecvenţei ritmului cardiac, accelerarea respiraţiei etc, la acestea se pot adăuga tulburări ale echilibrului şi tulburări în mişcările membrelor, datorită influenţei aparatului vestibular asupra echilibrului şi tonusului muscular.

j) *Dezorientarea spaţială:* Atunci când avionul execută evoluţii în zbor, forţa gravitaţională se descompune cu forţa centrifugă, dând naştere unei forţe rezultante denumită "verticala aparentă" care se substituie verticalei clasice a gravitaţiei. Verticala aparentă acţionând asupra organelor de echilibru ale pilotului, îi înşeală senzaţiile asupra poziţiei sale reale faţă de pământ, atunci când această poziţie nu este controlată de simţului văzului, de ochi.

Ochiul şi urechea, aparatul vestibular al acesteia, sunt aşadar organele care permit asigurarea echilibrului aeronavei, atunci când zborul se efectuează la vedere. În cazul când însă pilotul nu mai este în măsură să vadă solul sau orizontul, deoarece organul vestibular static al urechii percepe numai verticala aparentă, iar ochiul nu mai are repere după care să constate poziţia verticală slabă, această poziţie poate fi cunoscută numai prin indicaţiile unor instrumente de bord speciale.

k) *Iluzii:* În unele cazuri patologice sau în anumite situaţii speciale cum este şi cea a zborului se produce un dezechilibru între particularităţile psihice descrise anterior şi realitatea este percepută denaturat, generând diferite forme de iluzii. Iluzia reprezintă deci un defect de funcţionare senzorial - cerebral, prin faptul că se consideră unele aparente sau ficţiuni drept realitate, adică este o înşelare provocată de perceperea denaturată a realităţii. În cele ce urmează sunt descrise diferite feluri de iluzii:

- iluzia optică (autocinetica) se manifestă prin impresia de deplasare a unui punct sau obiecte, izolate şi imobile, adică deplasarea aparentă iluzorie a ceva mobil care în realitate este fix;

- iluzia optică vestibulară are drept cauză funcţioarea defectuoasă atât a ochiului (ca la cea optică) cât şi a aparatului vestibular (de echilibru) din urechea internă. Iluzia optică vestibulară la rândul ei poate fi giratorie sau gravitaţională:

  - în iluzia optică vestibulară - giratorie obiectele imobile par că se mişcă şi se desfăşoară aparent în mod circular;

  - în iluzia optică vestibulară - gravitaţională obiectele imobile par că se mişcă şi se deplasează aparent în plan vertical şi sunt mai frecvente în timpul ascensiunii aeronavei şi în picajul ei.

Iluzia vestibulară interesează aparatul de echilibru al omului în întregimea corpului, sau în segmente corporale dând impresii false faţă de situaţiile reale.

4. Sănătate şi igienă

Igiena personală

Orice aeronavigant este obligat să respecte cu stricteţe prescripţiile unei igiene adecvate mediului său specific de activitate şi să se supună unei discipline igienice raţionale.

Regulile igienice însă vor fi aplicate în mod just pentru a nu deveni abuzive, ştiind, de exemplu, că exerciţiile sportive exagerate ca şi o alimentaţie în exces, nu numai că nu măresc aptitudinile, dar sunt de-a dreptul vătămătoare.

Personalul navigant trebuie:

- să cunoască şi să aplice toate regulile de igienă generală;
- să cunoască rolul ochiului şi urechii în zbor şi îngrijirea specială a acestora;
- să practice o anumită educaţie fizică şi sportivă;
- să se alimenteze în mod raţional.

Reguli de igienă:

a) Curăţenia corporală şi cea bucodentară;
b) Curăţenia vestimentară;
c) Curăţenia locului de muncă şi odihnă;
d) Somn regulat şi suficient, regim corespunzător de viaţă şi muncă;

Afecţiuni minore comune

- Răceală;
- Gripă;
- Tulburări gastro-intestinale

5. Psihologia aeronautică – noţiuni de bază

5.1. Prelucrarea umană a informaţiilor

a) *Atenţia şi starea de vigilenţă:* Atenţia face parte din categoria fenomenelor psihice care susţin energetic activitatea. Atenţia este o funcţie prin care se modelează tonusul nervos necesar pentru desfăşurarea celorlalte procese psihice. Atenţia este fenomenul psihic de activitate selectivă, concentrare şi orientare a energiei psiho-nervoase în vederea desfăşurării optime a activităţii psihice, cu deosebire a proceselor senzoriale şi cognitive.

Starea de vigilenţă presupune explorarea generală a mediului aşteptarea şi căutarea a ceva încă nedefinit. Este o stare care pregăteşte atenţia.

- *Atenţia selectivă*

Selectivitatea este prima din caracteristicile atenţiei, orientarea înseamnă şi selecţie, deoarece întotdeauna este atent la ceva şi neatent sau prea puţin atent la alţi stimuli.

- *Atenţia distributivă*

Distributivitatea atenţiei, este acea însuşire care permite unei persoane să desfăşoare, concomitent, mai multe activităţi cu condiţia ca măcar unele din ele să fie relativ automatizate.

b) *Percepţia:* Percepţiile sunt procese senzoriale complexe şi, totodată, imagini primare, conţinând totalitatea informaţiilor despre însuşirile concrete ale obiectelor şi fenomenelor în condiţiile acţiunii directe a acestora asupra analizatorilor. Percepţia se referă la obiecte în totalitatea însuşirilor date unitar şi integral. Imaginea perceptivă este băgată în conţinut. Ea cuprinde atât însuşirile semnificative, cât şi pe cele mai puţin importante, mai de detaliu.

- *Iluziile de percepţie:* Cea mai mare parte a precepţiilor omului reflectă, adecvat, realitatea şi serveşte adaptării omului. Se întâlnesc o serie de percepţii care deformează, denaturează unele aspecte. Ele sunt iluzii preceptive. Explicarea acestor fenomene se sprijină pe luarea în consolidare a efectelor de câmp.

- *Selectivitatea percepţiei:* Legea selectivităţii perceptive pune în evidenţă caracteristica omului de a fi o fiinţă activă în relaţiile cu lumea. Asupra omului acţionează continuu o multitudine de excitanţi variaţi, ca intensitate, durată, calitate, dar el nu-i reflectă, în acelaşi grad, pe toţi.

Selectivitatea în percepţie este dependentă de o serie de factori: interesul pentru un lucru sau o persoană, conturarea specială a unui element ajută rapida lui diferenţiere dintr-o imagine complexă, contrastul cromatic al elementului căutat faţă de fond grăbeşte perceperea lui, mişcarea obiectului căutat uşurează selecţia dintre altele foarte asemănătoare, schema preceptivă actualizată, corespunzătoare obiectului căutat, permite mai buna detectare şi discriminare, indicarea verbală prealabilă accelerează descoperirea obiectului în câmpul perceptiv.

- *Prelucrarea ierarhizată:* Detecţia este prima fază a actului perceptiv şi constă în sesizarea şi conştientizarea doar a prezenţei stimulului în câmpul preceptiv, fără să se poată spune ceva despre caracteristicile lui.

Discriminarea presupune detaşarea stimulului de fond şi remarcarea acelor însuşiri care-l deosebesc de ceilalţi asemănători.

Identificarea se referă la cuprinderea, într-o imagine unitară, a informaţiilor obţinute şi raportarea acesteia la modelul preceptiv corespunzător, subiectul putând astfel recunoaşte ceea ce precepe.

Interpretarea este faza finală ce depăşeste procesul perceptiv propriu-zis şi constă în integrarea verbală şi stabilirea semnificaţiei obiectului preceput, a posibilităţii utilizării lui în activitate.

c) *Memoria* este procesul psihic care reflectă lumea şi relaţiile omului cu lumea prin întipărirea, păstrarea şi reactualizarea experienţei anterioare. Memoria este un proces de stocare (depozitare) şi reactualizare selectivă a informaţiilor.

Caracterul necesar al memoriei decurge din faptul că ea este implicată în marile comportamente ale vieţii omului: cunoaştere şi învăţare, înţelegere şi rezolvare de probleme, inteligenţă şi creativitate.

- *Memoria senzorială*

Mare parte din materialul care se stochează şi se păstrează în memorie este de fapt materialul provenit prin contactul organelor de simţ cu realitatea înconjurătoare (fapt care evidenţiază legătura memoriei cu procesele psihice senzoriale).

- *Memoria de scurtă durată:* Memorarea mecanică implică simpla repetare a materialului, folosirea asociaţiilor de contiguitate (coincidenţă) în timp şi în spaţiu. Ea duce la învăţarea formală, este aparent eficientă, în esenţă fiind însă neeficientă. Memorarea mecanică este fără durabilitate în timp.

- *Memoria pe termen lung:* Memorarea logică bazată pe înţelegere, pe dezvoltarea gândirii şi a operaţiilor ei, care devin premise absolut necesare, asigură realizarea unei învăţări autentice, utilizabilă în practică, cu mari posibilităţi operaţionale şi de transfer în cele mai diverse situaţii. Memoria logică este memoria pe termen lung.

d) *Principii şi tehnici de învăţare:* Principiile sunt idei de bază pe care se întemeiază procesul de învăţământ, sunt teze teoretico-practice fundamentale, care jalonează cursul general al activităţii profesorului şi elevilor.

Principiile stabilesc anumite norme care caracterizează aplicarea lor în practică. Normele au un înţeles mai restrâns, de regulă de conduită didactică, de prescripţii şi instrucţiuni precise impuse actului de predare sau celui de învăţare.

O participare conştientă de actul învăţării presupune, cu necesitate, înţelegerea cât mai clară şi profundă a materialului de învăţat.

Principiul intuiţiei exprimă cerinţa de-a se asigura o bază perceptivă, concret-senzorială învăţării, sprijinită însă pe activitatea directă a elevului, pe trăirile acestuia.

Principiul legării teoriei de practică formulează cerinţa ca lecţiile să ofere suficiente ocazii de valorificare, în practică, a cunoştinţelor teoretice şi a capacităţilor învăţate.

Principiul sistematizării şi continuităţii cere ca toate cunoştintele, priceperile şi deprinderile să fie învăţate într-o anumită ordine logică după un anumit sistem care să asigure o înaintare progresivă.

Principiul însuşirii temeinice enunţă cerinţa fixării profunde şi de durată a cunoştinţelor şi deprinderilor de bază, astfel încât elevii să fie întotdeauna capabili să le reproducă şi să le utilizeze în activitatea şcolară, precum şi în activitatea practică, în viaţă.

Potrivit principiului accesibilităţii şi individualizării învăţământului, organizarea şi desfăşurarea procesului de învăţământ trebuie să se realizeze pe măsura posibilităţilor reale ale elevilor, ţinându-se seama de particularităţile de vârstă, sex, nivelul pregătirii anterioare, precum şi de deosebirile individuale, de potenţialul intelectual şi fizic al fiecărui elev în parte.

Principiul conexiunii inverse sau al retroacţiunii (al feed-back-ului) exprimă cerinţa reîntoarcerii şi îmbunătăţirii din mers a rezultatelor şi proceselor în funcţie de informaţia primită despre rezultatele anterioare.

e) *Personalitate:* Personalitatea integrează în sine organismul individual, structurile psihice umane şi relaţiile sociale în care omul este prins ca şi mijloacele culturale de care dispune.

Personalitatea este un sistem chio-psiho-socio-cultural, ce se constituie fundamental în condiţiile existenţei şi activităţii din primele etape ale dezvoltării individuale în societate.

Personalitatea este întotdeauna unică şi originală. Aceasta întrucât fiecare porneşte de la o zestre ereditară unică, singulară şi mai departe în câmpul existenţei sociale concrete, fiecare străbate un drum anume, încercând o serie de

variate experiente, desfăşurând diferite activităţi şi intrând în anumite relaţii, toate având anumite efecte asupra cursului dezvoltării şi construirii edificiului de personalitate.

- *Personalitate şi aptitudini:* Aptitudinile constituie latura instrumentală şi executivă a personalităţii. Este o instrumentaţie psihică, uneori se spune despre inteligenţă că este tăioasă sau pătrunzătoare, se vorbeşte despre fineţea auzului, despre urzeala imaginaţiei, despre concentrarea şi distributivitatea operaţiilor. Ele sunt cele care mijlocesc reuşita în activitate.

Aptitudinile sunt subsisteme sau sisteme operaţionale, superior dezvoltate, care mijlocesc performanţe supramedii în activitate.

f) *Concepte ale eu-lui:* Eul este subiectul la nivelul căruia se întretaie trei predicate: “a fi”, “a avea” şi “a face”. Eul, ca formaţiune psihologică, se constituie în procesul multiplelor interacţiuni cu lumea, în special cu oamenii.

Specifică pentru Eu, este conştiinţa de sine care se dezvoltă în confruntare continuă cu conştiinţa de lume şi se centrează în jurul ideii de om. Astfel, Eul apare ca integrator al personalităţii.

Eul este rodul tuturor experienţelor acumulate de subiect în activitate şi corelare faţă de ceilalţi. Apartenenţa la un grup, familie, clasă, profesiune constituie o latură a însăşi identităţii subiectului.

În dezvoltarea sa, Eul se constituie succesiv, parcurgând trei etape: etapa Eului corporal, Eul social şi Eul spiritual.

Important este faptul că treptat Eul se dedublează în Eul activ, se realizează afirmarea fiinţei şi coordonarea tuturor demersurilor şi care presupune predicaţia “a fi”, şi Eul pasiv, care este însăşi prezenţa propriei fiinţe cu toate atributele asomatice, psihice, sociale şi spiritual-valorice.

Între cele două laturi ale Eului este un raport de interacţiune şi unitate.

Personalitatea este un agregat de aptitudini şi atitudini care are în centrul său Eul ca un factor de integrare şi coordonare.

g) *Oboseala* este un fenomen fiziologic care survine dupã exercitarea oricãrei activitãţi; cel în cauzã este supus fie unei solicitãri intense, fie unui regim de subsolicitare. Cu studiul său se ocupă în prezent mai multe discipline: medicina, fiziologia, biochimia, biofizica, psihologia, cu scopul de a se elucida conţinutul, mecanismul şi cauzele care o provoacă.

Oboseala este un proces de acumulare a unor efecte cu caracter perturbator, exprimate atât în scăderea nivelului obiectiv al performanţei în cadrul activităţii date, cât şi în apariţia unor stări subiective specifice, semnalizate prin intermediul senzaţiilor (senzaţii de obosealã) şi al trãirilor emoţionale (disconfort, încordare, irascibilitate, etc.). Dupã dinamicã şi persistenţã în timp, distingem o obosealã naturalã şi o obosealã acumulatã.

Prima apare în timpul activitãţii curente, desfăşuratã în limitele programului zilnic obişnuit. De regulã ea începe a se face resimţitã subiectiv, începând cu ultimul sfert al duratei zilei de lucru. Dupã terminarea programului de lucru şi dupã perioada

obişnuitã de somn, aceastã obosealã dispare aproape complet, capacitatea de muncã a subiectului restabilindu-se în totalitate.

Spre deosebire de oboseala naturalã, oboseala acumulatã se caracterizează prin sumaţia temporarã a efectelor, ca urmare, ea dobândeşte persistenţă, mărindu-şi intensitatea dupã fiecare nouã secvenţã (zi, sãptãmânã, lună etc.) de lucru. Ea devine astfel stare de fond cu care subiectul intrã la începutul programului de activitate. Pe mãsurã ce ea se accentuează, este tot mai acut resimţitã în plan subiectiv, iar raţia de scãdere a randamentului devine din ce în ce mai mare. Repausul şi odihna de obicei nu o înlãturã; mai mult ea perturbã însuşi somnul, care devine superficial, intermitent şi populat cu vise terifiante. În funcţie de felul de manifestare, oboseala poate fi fizicã şi psihicã.

Prima afectează cu precãdere musculatura: scad forţa muscularã şi durata unui efort, creşte perioada de latenţã a mişcãrilor, apar discoordonãri, tremurãturi ale membrelor, senzaţie de slãbiciune fizicã (lipsa de vlagã).

- *Oboseala psihicã* se rãsfrânge cu precãdere asupra capacitãţii intelectuale şi emoţionale, concretizându-se în deteriorarea indicatorilor principalelor funcţii şi procese psihice: percepţie, memorie, gândire, atenţie, rezistenţã, respectiv echilibrul emoţional. Subiectiv se traduce prin stãri de tensiune şi încordare, greutate în desfãşurarea raţionamentelor şi în concentrarea atenţiei, ameţealã, cefalee, somnolenţã sau, dimpotrivã, surescitare, tendinţă la explozii coleroase sub acţiunea unor stimuli slabi şi banali din mediul extern (vocea chiar şoptitã a celor din jur, scârţâitul unei uşi, zgomotul picãturilor de apă de la robinet etc.). Acest fel de obosealã se instalează de obicei la cei care depun o activitate ce solicitã structurile senzorio-intelectuale, atenţia şi echilibrul emoţional, mecanismele de autocontrol (autostăpânire, ponderare, refulare, cenzură etc.).

Dintre numeroasele cauze care o provoacã citãm:

- intensitatea şi durata activitãţii desfãşurate (complexitatea şi volumul sarcinilor de percepţie, memorare-reactualizare, gândire-rezolvare de probleme etc.);
- rãspunderea pe care o implicã activitatea datã;
-factorii nefavorabili ai mediului fizic (iluminat, temperaturã, umiditate, grad de poluare chimicã şi sonorã);
- factorii nefavorabili ai mediului social în care se desfãşoarã activitatea datã (relaţii interpersonale tensionate, climat de muncã represiv);
- motivaţie scãzutã sau negativã pentru munca desfãşuratã;
- discrepanţa mare între complexitatea şi dificultatea sarcinilor de muncã şi nivelul de pregãtire (competenţă) a individului;
- monotonie şi subsolicitare.

Pentru recuperarea capacitãţii de lucru este nevoie de timp mai îndelungat. Subiectiv este mai greu suportat, ceea ce face ca oboseala neuropsihicã să fie consideratã forma de obosealã cea mai complexã, cu consecinţe neplãcute asupra vieţii şi comportamentului individului.

h) *Stresul:* Termenul de stres, provenit din engleza medievalã - distress - (necaz, dificultate, situaţie neplãcutã), semnificã rãspunsul nespecific al organismului la orice solicitare.

Deşi termenul ca atare, nu înseamnã numai tensiune nervoasã, consecinţă a acţiunii factorilor nocivi (stresul poate fi un lucru plãcut, fãrã urmãri negative), indicând doar solicitarea adoptivã a organismului, în limbajul cotidian stresul este asociat stãrilor de suprasolicitare, neglijându-se faptul că el reprezintã un însoţitor permanent al vieţii, cã lipsa lui se numeşte moarte.

Ne-am obişnuit sã spunem, de exemplu, cã o anumitã persoanã *a fost stresatã*, cã o alta trãieşte în condiţii de stres permanent etc. De fiecare datã avem în vedere suprasolicitarea individului, incapacitatea de rãspuns adaptiv la agenţii din mediul înconjurãtor. Ca urmare se produce o uzurã a organismului şi un înalt grad de suferinţã.

Agenţii vãtãmãtori fizici, chimici, biologici, produc douã tipuri de efecte asupra organismului:

- efecte specifice (reacţii adaptive de rãspuns la fiecare factor de agresiune;
- efecte nespecifice (comune tuturor agenţilor stresanţi).

- *Stresul sistemic*, înţeles ca un sindrom, caracterizat printr-o multitudine intercorelatã de rãspunsuri specifice şi nespecifice ale organismului la acţiunea agentilor stresori, încluzând atât leziunea provocatã, cât şi uzura organismului şi suferinţa resimţitã, are totdeauna o componentã psihicã. Este aşa numitul stres psihic secundar. Dar existã şi un stres psihic primar, în care agenţii stresori lezează sfera psihicului, provocând trãiri subiective penibile, disconfort, anxietate. Stimulii negativi sau indiferenţi sunt percepuţi ca având o semnificaţie nocivã şi în consecinţã se produc modificãri de conduitã disproporţionate, neadaptative. Cel mai adesea stresul psihic este provocat prin intermediul limbajului. Dar structurile alterate prin stresul psihic sunt atât de naturã materialã (sistemul nervos central), cât şi spiritualã (procese psihice ca atare). Chiar dacã în cazul stresului psihic dezorganizarea spiritualã primeazã, aceasta nu înseamnã cã, datã fiind unitatea psihofiziologicã, nu suferã întregul organism.

În fond, stresul psihic este o reacţie psihofiziologicã a individului care, obligat sã facã faţã situaţilor pentru care nu s-a pregãtit, anticipeazã eşecul şi acordã o mare importanţã consecinţelor ce decurg din incapacitatea sa de a rezolva situaţia.

Dintre factorii de personalitate care conferă rezistenţa la stres, *gustul riscului* se pare cã joacã rolul cel mai important. Aici se includ toţi oamenii pentru care schimbarea este stimulatoare, un nou loc de muncã reprezintã o nouã şansã de a se afirma. Opuşi acestora existã şi oameni care se retrag în carapacea lor pentru a-şi gãsi liniştea şi pacea, au o viaţã sedentarã, acceptã eşecurile, abuzează de alcool şi somnifere, se refugiazã în somn.

De asemenea profesiile pot favoriza sau dimpotrivã, pot împiedica instalarea stresului. Unele statistici aratã cã piloţii de aeronave, a cãror decizie pune în joc vieţi

omeneşti, suferă de hipertensiune, ca urmare a stresului, într-o proporţie de patru ori mai mare faţă de celelalte categorii profesionale.

6. Influenţa factorilor fizici asupra organismului în timpul zborului

În timpul zborului, organismul uman suferă anumite influenţe ale diferiţilor factori fizici, care se manifestă sub forma unor tulburări, descrise în continuare.

6.1. Boala de înălţime

La depăşirea altitudinii de 3000 m, ca urmare a rarefierii aerului şi deci a scăderii cantităţii de oxigen pe metrul cub de aer, organismul omenesc suferă o stare hipoxică, denumită "boală de înălţime". Ţesuturile şi organele omului suferă în funcţionalitatea lor normală, din cauza aportului scăzut de oxigen respirator, datorită scăderii rapide a presiunii parţiale a oxigenului din aerul inspirat, ceea ce are ca urmare reducerea conţinutului de oxigen din sângele care irigă tot corpul. Sunt expuşi, în special, bolnavii cronici cu afecţiuni respiratorii şi cardiace.

În cele ce urmează sunt descrise diferitele urmări ale bolii de înălţime. Astfel:

- *Simptomatologia subiectivă* se caracterizează prin dureri de cap (cefalee), slăbiciune generală şi oboseală accentuată.

- *Aparatul respirator* manifestă o scădere a capacităţii pulmonare, prin faptul că scade aerul pulmonar de rezervă şi cel complimentar, capilarele sanguine pulmonare sunt congestionate, mişcările respiratorii cresc ca frecvenţă pe minut, peste 16 cât este normal în repaus la adult, dar amplitudinea (profunzimea) lor este mică, adică respiraţia este frecventă dar superficială, ceea ce implică o scădere a aportului de oxigen prin inspiraţie şi o diminuare a eliminării bioxidului de carbon prin expiraţie.

- *Aparatul circulator* se manifestă prin creşterea pe minut a volumului cardiac, ceea ce implică o suprasolicitare a inimii, manifestată prin accelerarea pulsului, de la 70/min cât este normal, până la 120-150/min, deci o frecvenţă crescută a contracţiilor cordului. Aceste simptome circulatorii sunt însoţite şi de tensiunea emoţională din timpul zborului, care şi ea face să crească viteza de circulaţie, adică tensiunea sistolică. Aceste reacţii cardiovasculare sunt reacţii compensatorii de adaptare la altitudine pentru a mări aportul de oxigen, a creşte irigarea cu sânge a creierului, a cordului şi pulmonului, paralel cu scăderea irigării sanguine a muşchilor şi a celorlalte organe, inclusiv pielea, care marchează paloarea tegumentelor.

Pe de altă parte, scăderea bioxidului de carbon aduce o micşorare a debitului sanguin la nivelul creierului şi cordului, paralel cu mărimea dilataţiei vaselor periferice, care condiţionează astfel congestia tegumentelor anterior palide.

În sânge scade cantitatea de hemoglobină, care este suportul de transport al oxigenului de la plămân la ţesuturi şi al bioxidului de carbon, în sens invers.

- *Metabolismul* scade, adică totalitatea proceselor nutritive de asimilaţie şi dezasimilaţie produse în organism scade în intensitate. Aceasta provoacă scăderea temperaturii corpului sub temperatura normală de 36,5^{0}C.

- *Digestia* este şi ea influenţată prin scăderea secreţiei salivare (gura uscată) şi îngreunarea evacuării conţinutului stomacal în intestin (senzaţie de plinătate).

-*Sistemul nervos central*, care conduce şi coordonează toate organele, ţesuturile şi sistemele humorale ale corpului, se manifestă, fie printr-o stare euforică iniţială urmată de o stare depresivă, de pierderea cunoştinţei şi uneori chiar de moarte, fie prin greutate respiratorie, cefalee, somnolenţă, tulburări de memorie, amnezie, fie prin oboseală generală, senzaţie de cald, văl cenuşiu. Aceste feluri de manifestări ale sistemului nervos central depind de particularităţile constituţionale şi temperamentele individuale, de starea de sănătate şi de starea de antrenament a fiecărui călător, precum şi de valoarea şi timpul de atingere a marilor altitudini.

Tratamentul bolii de înălţime constă în mărimea aportului de oxigen respirator pe cale artificială, prin intermediul măştii de oxigen, aplicată şi folosită conform instrucţiunilor fabricii producătoare a tipului respectiv.

Profilaxia bolii de înălţime constă în verificarea la sol atât a existenţei şi funcţionării măştilor de oxigen în număr corespunzător pasagerilor şi echipajului, cât şi a cantităţii de oxigen de rezervă conţinut într-un număr de butelii pline, corespunzătoare necesarului, în funcţie de numărul persoanelor şi de durata zborului la altitudinea de peste 3000 m.

6.2. Răul de zbor

Cunoscut şi sub denumirea de “kinetoză”, răul de zbor este mult mai frecvent decât boala de înălţime, dar mai benign decât acesta. Răului de zbor îi sunt expuse mai ales persoanele cu un sistem nervos labil (slab), usor susceptibile, fricoase, grase şi cu musculatura abdominală insuficient dezvoltată. Răul de zbor este provocat fie de anumiţi factori de natură psihică, fie de unele greşeli în sistemul de alimentare, somn insuficient, mirosuri grele ori dezagreabile, lipsa de aer condiţionat la bord etc. Răul de zbor nu se manifestă dintr-o dată în plinătatea simptomelor, ci în mod treptat, în trei faze succesive, şi anume:

- în prima fază, călătorul este tăcut, absent, pare obosit şi se simte ca atare, închide ochii, reazemă capul, îşi urmăreşte oarecum speriat propriile senzaţii interne ori senzoriale, are senzaţia de vomă, ceea ce îi măreşte teama, dublată de ameţeli şi de hipersalivaţie;

- în faza a doua, apare transpiraţia frunţii, a nasului şi a cefei, în acelaşi timp, pulsul devine slab, iar respiraţia accelerată, dar superficială, teama de zbor creşte, fiind urmată de apatie şi dezinteres;

- în faza a treia, odată cu mărirea senzaţiei iminente de vomă, de greutate de a voma, are loc la sfârşit voma repetată, până la golirea completă a stomacului, după care, treptat, toată această simptomatologie dispare şi călătorul se restabileşte.

Prevenirea răului de zbor se face atât înaintea, cât şi în timpul zborului:

- înainte de zbor, sunt recomandate următoarele măsuri profilactice: somnul suficient de noapte, de minimum opt ore, combaterea neîncrederii şi a fricii de zbor, prin discuţii cu persoane competente şi prin literatura adecvată de specialitate, o alimentaţie adecvată, cu o oră înainte de decolare, constând în pesmeţi, prăjituri sărate, biscuiţi, iar ca lichide, un pahar de suc rece de fructe acrişoare sau cafea tare. Sunt contraindicate cantităţi mari de hrană, supele şi ciorbele, mâncărurile grase şi calde şi, de asemenea, nu sunt permise băuturile calde, spumoase şi gazoase. În aeronavă, persoanele care au consumat alimente neindicate trebuie să ocupe locurile din faţă sau cele din mijloc, poziţia în fotoliu fiind cu capul rezemat de tetieră, cu gulerul cămăşii descheiat şi cu abdomenul stâns bine cu centura fotoliului.

- în timpul zborului, sunt recomandate următoarele măsuri profilactice: distrarea călătorilor sensibili la zbor prin oferirea de ziare şi reviste, recomandarea de a privi spre pământ şi de a-şi fixa aportorul de aer proaspăt spre faţă, cu hrana la bord, sunt recomandate sucul rece de fructe acrişoare, chiar cu bucăţi de gheaţă alimentară (artificială), puţin coniac, ori ceai răcit, carne rece slabă şi şunca slabă.

6.3. Barotrauma urechilor

Aceasta este o influienţă a zborului pe care o suferă, fără excepţie, toţi călătorii şi toţi membrii echipajului cu ocazia oricărei decolări şi aterizări, uneori chiar şi în timpul zborului, din cauza variaţiilor de presiune atmosferică în funcţie de variaţia altitudinii. Aerul din urechea medie, din spatele timpanului, are aceeaşi tensiune ca şi presiunea atmosferică de la sol, fiindcă această parte a urechii este în legătura cu exteriorul, prin trompa lui Eustache, care se deschide şi închide - cu ocazia fiecărei deglutiţii (înghiţituri) - în fundul gurii, în vecinătatea posterioară a foselor nazale. Mărindu-se altitudinea, la decolare şi pentru a atinge înălţimea de zbor, treptat scade presiunea atmosferica exterioară, aerul din urechea medie rămâne la tensiunea presiunii atmosferice de la sol, care este mai mare decât cea în care evoluează aeronava. Se creează astfel o diferenţă de presiune, cu o stare de suprapresiune în urechea medie, faţă de presiunea scăzută a altitudinii respective. Cu cât creşte altitudinea, va creşte şi diferenţa de presiune dintre presiunea retrotimpanică şi cea din cabina avionului egală cu cea a altitudinii respective. Făcând mişcări de deglutiţie (înghiţind de câteva ori), se poate obţine egalizarea celor două presiuni, cea din spatele timpanului cu cea din faţa timpanului.

În timpul coborârii aeronavei spre sol şi până la aterizare, fenomenul se inversează, adică creşte presiunea atmosferică în aeronavă, în funcţie de micşorarea altitudinii, în timp ce tensiunea aerului retrotimpanic se menţine la presiunea atmosferică scăzută, a altitudinii avute, adică este în stare de depresiune. Tot prin mişcări repetate de deglutiţie se face din nou egalizarea celor două presiuni, despărţite de membrana ce separă urechea medie de conductul auditiv extern al urechii.

În aceste două situaţii, în timpul suprapresiunii urechii medii - la luarea înălţimii - timpanul urechii este forţat să se bombeze în afară, iar în timpul

depresiunii urechii medii, la pierderea din înălţime, timpanul este forţat să se bombeze înăuntru. Din cauza acestor stări de tensiune diferită a timpanului la variaţiile de altitudine de la decolare, luarea înălţimilor diferite de zbor şi de la aterizare, călătorii şi echipajul aeronavei simt o serie de senzaţii, subiective, dezagreabile, şi anume: senzaţia de presiune în urechi, de înfundare a urechilor, de limitare sau de scădere a auzului, pocnituri şi trosnituri ale urechii (ale timpanului), rezonanţa vocii proprii în urechi, vertije (ameţeli), dureri ale urechii medii de intensitate crescândă. Toate aceste senzaţii subiective încep de la intensităţi mici şi cresc în intensitate simultan cu creşterea sau cu descreşterea altitudinii aseronavei, respectiv cu creşterea sau cu descreşterea presiunii atmosferice din aeronavă şi, totodată, a diferenţei de presiune dintre aceasta şi cea retrotimpanică.

Prevenirea barotraumei este simplă şi uşor de realizat, constând în echilibrarea celor două presiuni diferite de pe cele două feţe ale timpanului urechii, ceea ce se obţine prin deglutiţii repetate, masticare şi prin căscat - mişcări ale mandibulei - care fac să se deschidă trompa lui Eustache, în fundul gurii, prin care comunică urechea medie cu exteriorul. Aceste mişcări naturale, ale mandibulei, se realizează spontan prin sugerea unei bomboane tari, mestecarea gumei de mestecat, cu consecutivele înghiţiri ale hipersalivaţiei astfel provocată.

Dacă apar congestii ori hemoragii nazale (la unele persoane, mai ales la cele hipertensive), se vor pune în fiecare nară picături decongestive şi coagulante şi se vor recomanda deglutiţii repetate, chiar dacă îşi înghite o cantitate mică din propriul sânge scurs în gură din nas. În aceste cazuri nu se recomandă suflarea nasului şi nici a sângelui din nas, pentru că aceste manevre măresc atât congestia, cât şi mai ales hemoragia nazală. În urma introducerii picăturilor coagulante în nara hemoragică sau în ambele, după caz, se introduce un mic tampon de vată îmbibat cu acelaşi medicament antihemoragic, tamponul care nu se împrospătează chiar dacă se umple cu sânge.

La coborâre spre aterizare, ori la schimbarea mare a altitudinii de zbor, călătorii care dorm trebuie să fie treziţi şi să fie instruiţi de către personalul însoţitor de bord asupra necesităţii de prevenire a barotraumei, recomandându-le să înghită de câteva ori, iar copiilor să li se ofere bomboane sau mâncare, care să-i determine, obligatoriu, la mişcările de deglutiţie spontană, naturală, ca urmare a sugerii şi mestecării.

6.4. Barotrauma cavităţii nazale secundare

O altă tulburare cauzată de influenţa factorilor externi este barotrauma cavităţilor nazale secundare, care constă într-o suferinţă în timpul zborului a sinusurilor feţei - îndeosebi a celor frontale - care în mod normal sunt pline cu aer şi în intercomunicare cu exteriorul, prin intermediul unor mici orificii din preajma coanelor nazale superioare. Aceste goluri, pline cu aer, din interiorul oaselor frontale şi al oaselor maxilare superioare - sinusurile frontale şi maxilare - ajung la

aceeaşi presiune atmosferică cu cea a altitudinii respective, fără nici o intervenţie din partea noastră, fiindcă intercomunicarea lor cu exteriorul este permanentă.

La oamenii sănătoşi, barotrauma cavităţilor nazale secundare nu are loc. Ea se întâlneşte doar la cei cu inflamaţii acute sau cronice ale mucoasei nazale, sinuzite ori polipi, afecţiuni care astupă orificiile de intercomunicare a sinusurilor feţei cu exteriorul, dând loc în felul acesta la diferenţe barometrice ca urmare a variaţiei de altitudine. Această tulburare se manifestă, după caz, cu dureri localizate în dreptul sinusurilor frontale ori maxilare, dureri cu atât mai accentuate cu cât diferenţa de presiune barometrică dintre sol şi altitudine este mai mare, îndeosebi la decolare şi în timpul zborului, dureri care încetează la câtva timp de la aterizare.

Prevenirea şi tratamentul acestei barotraume constă în deschiderea orificiilor de intercomunicare ale sinusurilor feţei cu exteriorul, pentru echilibrarea presiunii aerului. Cum închiderea patologică a acestor orificii este datorată în mare majoritate congestiei şi inflamării mucoasei nazale, tratamentul se face prin administrarea - sub formă de picături în nas, de medicamente anticongestive şi antiinflamatorii în stare lichidă, la bord, şi de aerosoli cu antibiotice la sol. Se mai recomandă repaus, căldură locală şi antinevralgice energice, toate acestea administrate chiar înainte de decolare.

6.5. Nevralgia dentară

Durerile de dinţi şi de măsele nu au o legatură directă cu condiţiile deosebite, meteorologice, din timpul zborului, dar constituie totuşi o afecţiune foarte supărătoare şi frecvent întâlnită, îndeosebi în anotimpurile cu mari variaţii de macroclimat, cu umezeală şi puternici curenţi de aer rece.

Durerile de dinţi sunt mai frecvente la urcare şi sunt datorate inflamaţiei pulpei dentare, cariilor dentare avansate, plombelor căzute şi netratate, gangrenelor pulpare, precum şi resturilor de rădăcini dentare.

Prevenirea şi tratamentul nevralgiilor dentare constau, la sol, în repararea danturii, iar în timpul zborului - în administrarea de antinevralgice energetice cu efect de durată ori repetate în caz de nevoie.

6.6. Flatuozitatea de înălţime

Tulburarea cunoscută sub această denumire se manifestă printr-o stare de suferinţă a unor organe digestive - stomac şi intestine - mai ales a intestinului gros. Aceste organe cavitare conţin alimente şi băuturi ingerate. În timpul decolării şi luării înălţimii de zbor, odată cu mărirea altitudinii, scade presiunea atmosferică, ceea ce crează o diferenţă de presiune între aerul exterior şi gazele organelor cavitale, adică apare o suprapresiune în stomac şi intestine, care tinde să se echilibreze cu cea exterioară în mod spontan, evacuându-se surplusul de gaze în exterior, prin eructaţii gazoase (râgâieli) şi emiteri anale de gaze flatulente (vânturi).

Suprapresiunea gazelor din stomac şi intestin, în timpul zborului, dă senzaţii de tensiune în abdomen, de balonare, greutate respiratorie prin împingerea în sus a

diafragmei, presând - totodată - şi cordul, datorită distensiei stomacale, iar distensia intestinală mai adaugă şi colicile abdominale (dureri de burtă), senzaţie iminentă de defecare.

Prevenirea şi tratamentul flatuozităţii de înălţime se asigură printr-un regim alimentar şi hidric adecvat, fără alimente gazogene (fasole, ridichi), fără băuturi gazoase (sifon, sucuri de fructe acidulate), asigurarea evacuării conţinutului intestinului gros înainte de decolare, tratarea constipaţiei. Împotriva colicilor se recomandă evacuarea, la WC-ul aeronavei, a gazelor flatulente şi a conţinutului intestinului gros, după care pasagerul va sta culcat, cu comprese calde pe abdomen, în fotoliul său lăsat pe spate, cât mai aproape de poziţia orizontală.

6.7. Influenţa negativă a radiaţiilor solare intense asupra organismului

Radiaţiile solare intense au asupra organismului o influenţă nefavorabilă, aceasta fiind în funcţie de intensitatea lor, care este direct proportională cu altitudinea (cantitatea radiaţiei creşte cu înălţimea), în special a radiaţiilor luminoase (vizibile) şi a celor ultraviolete (invizibile). Repercursiunea lor se manifestă mai ales asupra persoanelor sensibile, nervoase, irascibile, cărora le pot provoca, după caz,: insomnii, tulburări gastrointestinale, variaţii ale temperaturii corpului.

Ca măsuri profilactice, se recomandă purtarea ochelarilor de protecţie împotriva radiaţiei solare (ochelari de soare), cozoroc de protecţie special, pentru a pune ochii în penumbră, acoperirea geamurilor aeronavelor cu perdeluţe protectoare sau cu sticle de culori închise.

6.8. Influenţa radiaţiilor ionizante

Aceste radiaţii, care sunt mai intense în stratosferă şi mai ales în ionosferă, adică în spaţiile cosmonavigabile, au şi ele influenţă negativă asupra organismului. În troposferă însă, aceste radiaţii ionizante sunt mai puţin intense, fiind totuşi prezente, mai ales în atmosfera pură şi rece, spre latitudinile nordică şi sudică, ale aureolelor boreale, precum şi în timpul marilor furtuni cu intense şi multiple descărcări electrice.

Ca măsură profilactică împotriva nocivităţii radiaţiilor ionizante, se recomandă administrarea raţională şi regulată de vitamine şi sporirea rezistenţei organismului faţă de hipoxemii, prin cultură fizică şi sport.

6.9. Influenţa temperaturii

Temperatura prea coborâtă sau prea ridicată faţă de temperatura normală poate, de asemenea, leza organismul, în timpul zborului în condiţii lipsite de condiţionarea microclimatului aeronavei şi fără amenajările speciale pentru navigaţia aeriană în zonele climatice reci ori în zonele climatice calde.

- în *zona climatică rece*, se constată, la aeronavigaţii permanenţi ca şi la cei ocazionali, scăderea metabolismului bazal, bradicardie (puls rar), hipertensiune

arterială cu consecinţele inerente, manifestate prin somnolenţă accentuată, somn profund, afectare nervoasă până la surmenaj, iar în sânge scăderea numărului de globule albe (leucopenie). Lumina puternică, întărită şi de culoarea albă a norilor şi mai ales a zăpezii, poate produce afecţiunea oculară denumită oftalmia zăpezii.

Ca măsură profilactică a acestor influenţe negative se recomandă ochelari protectori împotriva radiaţiei solare, alimentaţie substanţială concentrată şi calorigenă, băuturi uşor alcoolizate, asigurarea unei temperaturi constante şi permanente în aeronavă, de 18...20^{0}C.

- în *zona climatică caldă* se constată o rupere a echilibrului termic al organismului, care are tendinţă spre supraîncălzire, împotriva căreia se mobilizează mijloacele de termoreglare corporală, prin creşterea afluxului de sânge spre exterior, spre tegumente, paralel cu o transpiraţie bogată, ca mijloc natural de răcire prin evaporare, şi cu micţiuni bogate, eliminare de apă prin urină. Dar aceasta se petrece până la un anumit prag fiziologic, peste care apare starea patologică de deshidratare, când de la 4-6 l de lichid eliminat din organism în timp de 24 ore, cât este normal, se ajunge la o eliminare de 10 l şi mai mult pe zi (sub formă de urină şi transpiraţie), ceea ce conduce la instalarea stării de şoc caloric prin deshidratare. În aceeaşi stare de şoc, se constată scăderea atât a oxigenului din sânge, cât şi a bioxidului de carbon, ceea ce afectează rezerva alcalină a organismului. În tot acest timp apare o hiperventilaţie pulmonară, care creşte, de la 8 l de aer pe minut, cât este normal, până la aproape 100 l de aer pe minut, ca urmare a înmulţirii numărului de respiraţie pe minut, de la 16, cât este normal, la 40-60 de respiraţii pe minut.

Ca reacţie digestivă, urmează o uşoară slăbire, iar, în timp, scăderea masivă a greutăţii corporale.

Ca măsură profilactică a acestor influenţe negative, se recomandă, pe lângă purtarea ochelarilor de protecţie împotriva radiaţiei solare, şi o bună funcţionare a agregatelor de la bord pentru condiţionare optimă, fiziologică, a parametrilor microclimatului relativ la temperatură, umiditate şi microcurenţii de aer. Alimentaţia se recomandă a fi bogat polivitaminizată, prin consum de fructe, în special citrice, salate verzi, lapte, ouă, băuturi nealcolizate, răcoritoare.

6.10. Influenţa umidităţii, a vântului şi a forţelor mecanice din timpul zborului

Toţi aceşti factori fizici, prin efectele lor, manifestate sub forma de micşorare a vizibilităţii şi de îngreuiere a zborului, situaţii dificile de orientare, jivraj, creează condiţii dificile de zbor care măresc nervozitatea echipajului şi pasagerilor de la bord. Această stare de excitaţie nervoasă mărită influenţează negativ în special pe cei cu un psihic slab, putând înmulţi cazurile de declanşare a diverselor manifestări ale răului de aer şi de înălţime.

6.11. Influenţa spargerii plafonului de nori

Prin luarea de altitudine, are loc spargerea plafonului norilor, care face ca intensitatea lumioasă a radiaţiilor solare, filtrată de nori la o valoare de 4000-6000 lx, să atingă 80000 - 100000 lx, cât este intensitatea luminoasă a discului solar.

Această trecere bruscă, de la intensităţi scăzute de luminozitate a discului solar, privit de sub nori, la intensităţi puternice de luminozitate a discului solar, privit de deasupra norilor, prin spargerea plafonului, creează o serie de senzaţii vizuale neplăcute şi uneori periculoase, şi anume:

- *starea de diplopie*, manifestată prin dedublarea imaginilor obiectelor privite, adică, pentru acelaşi singular obiect apar pe retina oculară două imagini simultane, fie încrucişate şi egale, fie suprapuse şi inegale, fie şi una şi alta;
- *vederea parţială* - diminuarea câmpului vizual drept sau stâng, chiar al ambilor ochi;
- *mărirea imaginii obiectului* privit la dimensiuni nereale;
- tulburări de apreciere atât a distanţelor, cât şi a culorilor;
- adaptarea defectuoasă la semnalele luminoase în timpul nopţii.

Toate aceste senzaţii patologice sunt periculoase, în special pentru echipaj, prin faptul că pot duce la tulburări şi interpretări greşite ale elementelor codificate. În sprijinul orientării decolării, zborului şi aterizării diurne ori nocturne, sunt folosite diferite mijloace de semnalizare - balizaj, lămpi de poziţie, semnale de întârziere, rachete luminoase, steguleţe de diferite forme şi culori etc; care trebuie să fie cât se poate de corect manevrate şi real interpretate, întrucât nu necesită subliniere faptul că de acesta depinde securitatea aeronavei, a echipajului şi a călătorilor.

Ca metode profilactice împotriva tulburărilor generate de spargerea plafonului de nori, se recomandă ochelari de protecţie, precum şi un regim igienic de muncă şi de alimentaţie. În cele ce urmează sunt descrise aceste măsuri:

- *ochelari de protecţie* împotriva radiaţiei intense luminoase a discului solar realizează micşorarea luminozităţii la intensitate redusă, la valori uşor de suportat, îndepărtând efectul strălucirii şi al orbirii consecutive, şi nu reduc acuitatea (sensibilitatea) vizuală, ci, dimpotrivă, chiar o măresc uşor, dacă sunt de bună calitate, pe lângă radiaţiile luminoase, ei reţin şi pe cele infraroşii şi ultraviolete, nu împiedică distingerea culorilor, corectează parţial valoarea specifică produsă de ceaţă, mărind vizibilitatea;
- *regimul igienic de muncă* se referă la asigurarea unui somn recreator, suficient, reconfortant fizic şi psihic, lipsa somnului sau insuficienţei lui, ca durată şi confort, conduce la o funcţionare defectuoasă a sistemului nervos şi a organelor senzoriale, putând să apară iluzii (senzaţii greşite faţă de obiecte şi fenomene) sau halucinaţii (senzaţii false, fără existenţa obiectelor ori a fenomenelor), precum şi excitaţii fazice ale vederii nocturne, între 20% - 40%, discontinue (vedere alternând cu vedere rea la intervale de timp scurte);
- regimul igienic de alimentaţie obligă la o alimentare cu carne, legume şi dulciuri, care să asigure aportul vitaminei A şi B2, protectoare ale sistemului nervos şi ale organelor senzoriale.

6.12. Influenţa acceleraţiei maxime

Atât la sol, cât şi în zbor, acceleraţia maximă a motoarelor aeronavelor, cu zgomotul şi vibraţiile consecutive, la care se adaugă influenţa vitezei şi a altitudinii, ca şi a celorlalte condiţii meteorologice ale macroclimatului zonei de navigaţie aeriană, generează, de asemenea, modificări funcţionale ale organismului, putând ajunge până la unele tulburări, ca de exemplu:

- tulburări vizuale diverse, mai ales împăienjenirea vederii sub formă de văl cenuşiu;
- contracţii ale musculaturii scheletice, până la convulsii epileptiforme;
- îngreunarea mişcărilor capului şi ale membrelor inferioare şi superioare;
- o deplasare oarecare a organelor interne;
- respiraţia îngreunată prin coborârea diafragmei;
- creşterea frecventă a puterii de contracţie a cordului, conducând la hipertensiune arterială, cu ameţeli şi astenie;
- tulburări auditive, cu scăderea auzului mergând până la spargerea timpanelor;
- vibraţii intense ale oaselor craniului şi ale toracelui, ale abdomenului şi ale grupelor musculare diverse;
- stare de enervare şi rău general, mergând până la pierderea cunoştinţei.

Profilaxia acestor diverse manifestări posibile se face prin: antrenament de cultură fizică şi sport la sol, prin adaptare, cu timpul, la condiţiile de zbor, prin regim igienic de muncă, de viaţă şi de alimentaţie, prin antifoane de bună calitate, prin administrarea de medicamente tranchilizante (liniştitoare uşoare).

6.13. Influenţa vibraţiilor

Cu cât vibraţiile sunt mai intense şi de frecvenţe variate simultane mai ales cele a căror direcţie de transmisie coincide cu axa longitudinală a corpului cu atât dau senzaţii mai neplăcute şi cu influenţă mai dăunătoare asupra organismului.

Vibraţiile cu intensitatea până la 60 Hz (hertz este unitate de măsură a intensităţii vibratorii), adică până la 60 oscilaţii pe secundă, sunt uşor suportabile, influenţând doar uşor senzaţiile tactile şi auditive.

Vibraţiile peste 1500 oscilaţii pe secundă se percep numai auditiv, cele cu 4500 - 5000 oscilaţii pe secundă se percep pe calea conductibilităţii osoase şi tisculare, între cele ce depăşesc aceste intensităţi se percep numai prin conductibilitate aeriană.

Tulburările produse de vibraţii afectează:

- sistemul circulator, conducând la scăderea tensiunii arteriale, deci la apariţia de spasme vasculare urmate de stază sanguină prin dilatarea venelor;
- sistemul nervos, conducând la angionevroze, oboseală, indispoziţie generală şi cefalee;
- sistemul muscular şi osos, conducând la manifestări de tip reumatoid;

- acuitatea vizuală, care scade cu timpul, ochii fiind obligaţi să citească indicaţiile aparatajului de bord, care vibrează, necesitând eforturi suplimentare de acomodare;

- capacitatea de muncă, care poate să scadă până la pierderea ei temporară, odată cu instalarea surmenajului prelungit, provocând chiar psihonevroze persoanelor neantrenate şi fără posibilitate de adaptare neuropsihică.

Profilaxia acestor tulburări constă în aceleaşi măsuri profilactice în cazul tulburărilor provocate de acceleraţia maximă (anterior expuse), la care se mai adaugă măsurile tehnice de amortizare a vibraţiilor la construcţia şi dotarea aeronavelor, tot mai perfecţionate din acest punct de vedere.

7. Protecţia sănătăţii echipajului

Principiile care stau la baza controlului medical pentru securitatea zborului sunt:

- supravegherea medicală activă a sănătăţii personalului navigant;
- controlul igienic al condiţiilor de muncă şi de trai ale personalului navigant.

Aceste principii se aplică prin diverse mijloace, forme şi metode şi ele sunt schiţate în cele ce urmează.

7.1. Controlul medical la aerodrom

Pe aerodrom echipajul este supus unui control medical, care constă în următoarele operaţii:

- urmărirea modului cum reacţionează organismul personalului navigant la acţiunea diferiţilor factori care apar în timpul zborului (altitudinea joasă, spargerea plafonului de zbor etc.);
- constatarea modului de suportare a suprasarcinilor în cazul apariţiei răului de avion, a bolii de înălţime;
- interzicerea temporară de la zbor, dacă este cazul;
- diverse observaţii medicale, asupra temperamentului, caracterului, reactivităţii marilor funcţiuni ale organismului etc.;
- observarea medicală a supunerii la un antrenament, la sol ori la zbor, suplimentar;
- ridicarea nivelului cunoştinţelor medicale, prin discuţii, prelegeri şi seminarizări asupra problemelor ridicate de medicina aeronautică, la începători mai ales, şi sesizarea greşelilor aplicării normelor igienice de zbor, mai frecvente;
- analiza zborului, împreună cu instructorul de zbor;
- notarea, în carnetul de sănătate al personalului navigant, a tuturor datelor ce caracterizează reactivitatea organismului în timpul zborului şi rezistenţa sa.

7.2. Controlul medical înainte de zbor

În afara de controlul medical efectuat la aerodrom, echipajului i se mai face un control medical înainte de decolare, care constă în:

- controlul asupra respectării regimului de muncă, de odihnă şi a regimului alimentar, din ultimile zile, mai frecvent cu 24 de ore în urmă;
- controlul echipamentului adecvat timpului;
- controlul tensiunii arteriale şi al pulsului;
- controlul vederii, în special în timpul zborului nocturn.

7.3. Examenele medicale periodice

Echipajele sunt supuse unor examene medicale periodice, care se fac anual - de către o comisie medicală - şi de 2-3 ori pe an, de către medicul întreprinderii.

Comisia medicală, compusă din medici de diverse specialităţi medicale, supune personalul navigant, o dată pe an, unor examinări atente pe specialităţi: de laborator, radiologic, ochi, nas, gât, urechi, reflexe şi reacţii la diverse probe, organele interne şi neuropsihic pentru depistarea eventuală a diverselor afecţiuni.

Comisia medicală prescrie planul de măsuri profilactice şi curative adresate fiecărui cadru aeronavigant, indicând, după caz, tratamentul medical la staţionar, ambulatoriu, în case de odihnă, la domiciliu, eventual concediu medical, limitarea activităţii de zbor, regim dietetic etc.

8. Primul ajutor

Atât în caz de îmbolnăviri, cât şi în caz de răniri în urma unor accidente, este necesar ca, până în momentul când bolnavul va fi încredinţat medicului, să i se dea imediat unele îngrijiri, care constituie primul ajutor. În cele ce urmează se arată, în linii mari, diversele suferinţe care pot afecta organismul, modul cum se tratează şi modul cum se acordă primul ajutor, atât în caz de îmbolnăviri, cât şi în caz de accidente.

8.1. Algiile

Denumirea de algii înglobează diversele dureri care pot avea cauze diferite şi deci şi tratamente diferite, aşa cum se arată în cele ce urmează:

a) *durerile de cap şi de dinti*. În general, aceste dureri se tratează cu antinevralgic, cu sedative şi cu somnifere;

b) *durerile în cutia toracică (piept).* Aceste dureri necesită o intevenţie imediată, întrucât pot fi date de angina pectorală sau de infarctul miocardic, al căror mod de manifestare este descris în continuare:

- *angina pectorală* se manifestă prin dureri toracice bruşte, acute, mai ales după un efort sau agitaţie, însoţite de senzaţia de obstrucţie toracică, de sufocare şi de arsuri în spatele sternului (osul mediu al pieptului pe faţa sa posterioară), dureri ce iradiază spre şi de-a lungul braţului stâng.

Tratamentul se realizează începând cu aşezarea bolnavului în poziţie jumătate şezând (nu culcat) şi cu repaus absolut, i se oferă un păhăruţ cu o băutură alcoolică tare, i se aplică aparatul cu mască de oxigen, i se administrează o tabletă de nitroglicerină sub limbă (nu se înghite), recomandându-i-se bolnavului să înghită doar saliva în care treptat se dizolvă tableta, pe care o va menţine sub limbă până la completa dizolvare.

- *infarctul miocardic* se manifestă prin dureri toracice precordiale - atât în mişcare, cât şi în repaus - intense şi de durată, bolnavul fiind în stare de şoc, livid, chiar cu pierderea cunoştinţei.

Tratamentul obligă la repaus absolut fizic şi psihic (fără agitaţie în jur, fiind deci absolut necesară îndepărtarea curioşilor), se administrează antinevralgice şi se aplică masca de oxigen.

c) *durerile de abdomen (burtă)*. Aceste dureri pot fi determinate de afecţiuni ale organelor digestive sau uro-genitale. Ele pot fi extrem de puternice şi bruşte, în care caz se numesc colici - mai frecvente la ficat şi rinichi - spre deosebire de durerile abdominale surde şi permanente, dintre care mai frecvente sunt cele de stomac, de intestine, durerile apendicelui cecal sau durerile menstruale.

Tratamentul durerilor surde şi permanente abdominale obligă la repaus culcat, comprese reci pe abdomen, cu interzicerea băuturilor şi a medicamentelor (în afară de cazul când bolnavul îşi cunoaşte boala şi are la el medicamentul respectiv).

În cazul colicilor se recomandă repaus culcat, comprese calde în locurile dureroase (ficat-sub coaste, în dreapta, rinichi-lombe (sale), în stânga sau în dreapta, după caz, iar ca medicaţie: spasmoverin.

În cazul durerilor menstruale, se aplică comprese calde pe abdomenul inferior în poziţia culcat şi se administrează antinevralgice puternice, ca algocalmin sau spasmoverin.

8.2. Senzaţia de sufocare

Sufocarea este generată, mai ales, de maladia astmatică (astmul) - care se manifestă permanent în afecţiunile cronice ale bronhiilor - şi de emfizemul pulmonar, care are ca simptom principal respiraţia greoaie şi senzaţia de sufocare, de lipsă de aer.

Tratamentul, în ambele cazuri, indică poziţia jumătate şezând, repaus absolut cu interzicerea vorbirii, eliberarea părţilor strânse de îmbrăcăminte şi aplicarea măştii cu oxigen.

8.3. Leşinul

Starea de leşin constă în pierderea subită a cunoştinţei, care începe cu tulburări ale atenţiei, simţurilor, gândirii, cu anumite reacţii ale organelor interne, în special inimă şi plămâni. Această stare de pierdere a cunoştinţei apare în urma accidentelor mari, a şocurilor puternice, în timpul unor boli, ca: apolexie, comoţie cerebrală, epilepsie, boli de inimă, diabet, ca şi în urma unor situaţii speciale anormale, ca: înec, ştrangulaţie, electrocutare, otrăviri.

Tratamentul lipotimiei (leşinului) este variat ca atitudine medicală şi medicatie, în funcţie de cauzele care l-au provocat, precum şi de etapa bolii respective şi trebuie adaptat după caz. Pentru aceasta, în primul rând, se îndepărtează cauzele majore, ca: oprirea hemoragiei, îndepărtarea corpurilor străine din căile respiratorii, întreruperea curentului electric etc.

Aşezarea bolnavului se impune a fi diferită, dupa caz. Dacă faţa bolnavului este de culoare roşie sau învineţită, se aşează în poziţie jumătate şezând, pentru a se micşora cantitatea de sânge arterial sau venos care dă culoarea roşie a feţei. Dacă culoarea feţei este palidă, galbenă, bolnavul se aşează culcat pe spate, cu picioarele ceva mai sus, pentru a mări cantitatea de sânge la cap, în lipsa căruia apare culoarea palidă a feţei. În caz de convulsii (contracturi puternice ale marilor grupe musculare, ca în epilepsie, numită popular “boala copiilor”), nu se schimbă poziţia corpului celui leşinat, i se aşează doar ceva moale sub cap pentru a i-l aduce în prelungirea corpului, în felul acesta facilitând poziţia normală de respiraţie: se îndepărtează obiectele de care s-ar lovi bolnavul sau pe care ar putea să le răstoarne, i se introduce o batistă ghemuită între dinţi, pentru a nu-şi muşca limba şi pentru a nu-şi sfărâma dinţii prin contractura puternică a muşchilor maseteri (masticatori) ai obrazului.

În oricare caz de leşin, pentru a uşura respiraţia, căile respiratorii trebuie să fie libere, ceea ce se realizează prin: desfacerea îmbrăcămintei la gât, la piept, la mijloc (guler, sutien, centură, chiloţi), îndepărtarea cu un tampon de vată a mucozităţilor din gură, din faringe şi din nas, îndepărtarea eventualelor corpuri străine din gură (dantura artificială), tragerea limbii, apucând-o cu un tifon sau cu o

batistă (astfel alunecă din mână), de partea stângă a laringelui, deplasarea în jos a maxilarului inferior, pentru a-i menţine gura deschisă, mişcarea ritmică a limbii, trăgând de ea de 20 de ori pe minut, în ritmul respiraţiei normale, ţinerea capului aplecat spre umărul stâng.

În acelaşi timp, i se asigură bolnavului aer proaspăt prin tubul de aer ventilator, i se aşează masca de oxigen ori i se face respiraţie artificială.

Pentru creşterea tensiunii arteriale, care este scăzută în caz de paloare a feţei, se procedează astfel: se stropeşte faţa cu apă rece sau cu sifon de la gheaţă, se freacă (masează) extremităţile (mâini, picioare), pentru a le încălzi, se insuflă vapori de amoniac sau de parfum tare, se practică un masaj uşor al inimii, prin lovituri uşoare cu palma în regiunea precordială, într-un ritm de 60 de lovituri pe minut, urmărind secundarul ceasului.

8.4. Contraindicaţiile zborului din punct de vedere medical

Organismul sănătos, aşa cum am văzut din capitolele precedente, se adaptează la condiţiile din timpul zborului, variate faţă de cele de la sol. În cazul unor anumite boli zborul este contraindicat, fiindcă organismul bolnav pierde, total sau parţial, posibilităţile de adaptare la noile condiţii de funcţionare la bordul avionului, variate după caz, la decolare, ascensiune, zbor plan, coborâre şi aterizare.

Contraindicaţii majore se impun în cazul unor boli, precum şi în anumite stări fiziologice, legate de sarcină (după luna a opta) şi de vârsta înaintată (cu eficienţă redusă a organelor).

Sunt contraindicate, la permiterea zborului, următoarele boli:

- bolile respiratorii ca: bronsiectazia pulmonară, congestia pulmonară, pneumonia, emfizemul pulmonar, bronşita cronică, pleurita, pneumotoraxul, stările acute, inflamatorii şi hipertrofice faringiene (care afectează trompa lui Eustache);
- bolile cardiovasculare (de inimă şi de circulaţie sanguină), ca: infarctul cardiac cu o vechime mai mică de 12 luni, accesele de angină pectorală, hipertensiunea arterială mare, anomaliile cardiace congenitale ori câştigate, boli ale valvulelor cardiace;
- bolile tubului digestiv, ca: ulcerele active gastrice, gastroduodenale sau duodenale, admiţându-se transportul aeros doar după două luni de la vindecare sau cel putin zece zile de la operaţiile chirurgicale pe tubul digestiv, diabetul necompensat, bolile de ficat;
- bolile nervoase, ca: epilepsia, schizofrenia, psihastenia gravă;
- bolile contagioase, de orice natură şi în orice fază.

Este recomandabil ca, înainte de zbor, bolnavii să întrebe pe medicii lor curanţi dacă starea prezentă a bolii lor le permite să nu folosească aerotransportul.

CAPITOLUL VII

TEHNICA PILOTAJULUI

1. Manevrarea planoarelor

Manevrarea planoarelor este un lucru important în cadrul activităţii de zbor şi toţi piloţii planorişti trebuie să acţioneze în mod activ la desfăşurarea acestei activităţi.

Dacă nu suntem atenţi în timpul manevrelor care se execută pe sol cu planoarele, vom produce deteriorări ale acestora, deteriorări care în final vor duce la scoaterea din uz a planoarelor respective. Practic manevrele se încep încă din hangar când se ia în primire planorul de la tehnicieni şi se pregăteşte pentru a fi scos la zbor. Pregătirea planorului, pentru deplasare, constă în dehusare, blocarea comenzilor (manşa şi palonierul) şi închiderea cabinei (carlingei).

Maneverele de deplasare a planorului se execută lent pentru a evita coliziunile acestuia cu alte planoare sau obstacole. În timpul manevrelor o persoană va ţine la capătul planului, supraveghind modul de deplasare a planorului şi dând în acelaşi timp comenzile necesare în timpul manevrelor. Persoanele care participă la manevrele de deplasare vor împinge de bordul de atac sau din zonele de încastrare a aripii cu fuselajul.

Persoana care comandă va da comenzi scurte, clare şi rare pentru a fi înţelese de toţi cei care participă la manevrele respective.

Comenzile care se dau sunt următoarele:

- spre bot (spre înainte);

- spre coadă;

- rotit pe loc (stânga sau dreapta);

După ce a fost scos din hangar, planorul trebuie deplasat la start în vederea începerii activităţii de zbor, deplasare ce se poate realiza, fie împingându-l cu mâna fie remorcându-l în urma unui autovehicul. După ce a fost transportat planorul va fi pus pe linia de aşteptare stând cu aripa, care este în vânt, pe sol şi având deasupra paraşuta. Totodată, pentru siguranţă se vor scoate frânele aerodinamice.

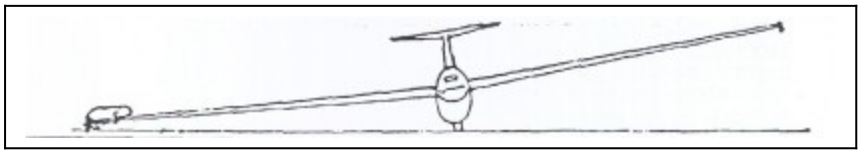


Fig. 1.1. Planor pe linia de aşteptare

2. Conţinutul planorului

Înainte de începerea activităţii de zbor se va efectua un control al planorului pe sol.

Acest control permite asigurarea că planorul nu prezintă defecţiuni aparente şi că este în stare bună de zbor. Dacă în timpul activităţii planorul rămâne nesupravegheat va fi necesar ca înainte de zbor să se facă iarăşi un control amănunţit şi care cuprinde următoarele părţi:

A. controlul cabinei unde se verifică:

- paraşuta, chingile de scaun;
- absenţa corpurilor străine;
- deblocarea şi funcţionarea comenzilor (manşă, palonier, frână aerodinamică, volet, compensator, declanşator);
- fixarea şi integritatea tabloului şi a instrumentelor de bord;
- fixarea acumulatorului şi funcţionarea staţiei radio;
- starea şi curăţenia plexiglasului.

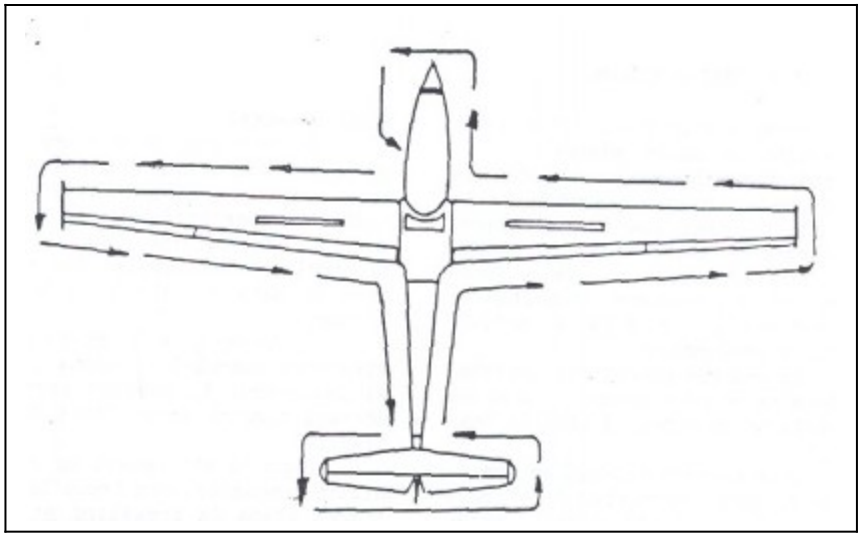


Fig. 2.2. Controlul planorului

B. controlul exterior al planorului unde se verifică:

- fixarea capotajelor la încastrarea aripii pe fuselaj;
- aripa stângă, verificând starea suprafeţei (nituri slăbite), jocul eleronului, starea frânei aerodinamice, jocul la încastrarea aripii, precum şi lanţul cinematic al comenzilor, prin intermediul ferestrelor de vizitare;
- fuselajul (starea învelişului şi eventualele deformaţii produse în urma unor lovituri);

- ampenajele (orizontal şi vertical), verificând starea şi jocul suprafeţelor de comandă; jocul ampenajelor la încastrarea pe fuselaj. Totodată se verifică şi unghiurile de bracaj ale profundorului şi ale direcţiei;
- se continuă verificarea fuselajului pe partea dreaptă, după care se va controla aripa dreaptă, ajungând în final tot în faţă unde se va verifica starea prizei de aer;
- starea declanşatoarelor şi a trenului de aterizare;

Cu aceasta, planorul este pregătit pentru zbor.

3. Şcoala carlingii

Înainte de începerea zborurilor propriu-zise elevul pilot va trebui să se familiarizeze cu cabina planorului.

În cadrul acestei operaţii, elevul pilot va executa echiparea cu paraşuta, îşi va regla poziţia scaunului în funcţie de înălţimea pe care o are pentru ca în planor să stea într-o poziţie comodă şi lejeră. Această poziţie este necesară pentru a ajunge uşor cu mâinile la comenzi, iar în cadrul zborurilor care durează mai mult să nu se obosească organismul. După ce s-a reglat poziţia scaunului se execută urcarea în planor, se va lega în chingi şi apoi se vor ajusta pentru a nu fi nici prea largi, nici prea strânse pe corp. În continuare se reglează poziţia palonierului de aşa natură, încât atunci când acesta este împins complet să nu stea piciorul întins iar când palonierul este tras complet spre pilot să nu se lovească cu genunchiul de tabloul cu instrumente de bord.

În final se urmăreşte cunoaşterea şi poziţia instrumentelor de bord şi se face o verificare a cursei manşei şi palonierului, după care suntem gata pentru zbor.

4. Balansarea

După ce viitorul pilot s-a familiarizat cu cabina planorului, cu poziţia comenzilor şi cu modul de acţionare a acestora, se va trece la executarea temei numită *balansare.* Acest exerciţiu *are ca scop formarea deprinderilor pilotului de a lucra cu manşa şi palonierul simultan şi în aceeaşi parte fără a acţiona manşa în profunzime.*

În vederea executării temei se preferă să se pună planorul cu botul în vânt, pe un reper vizibil la orizont.

După aceasta pilotul se pregăteşte de zbor, executând o echipare cu paraşuta, reglarea poziţiei scaunului, a palonierului şi legarea în chingi. În continuare va închide cabina şi o va siguranţa, apoi va prinde manşa cu mâna dreaptă, va pune mâna stângă sprijinită de piciorul stâng şi va sprijini picioarele pe paloniere.

Colegii care ajută la capetele de plan (aripă), vor aduce planorul la orizontală, iar elevul pilot va lua poziţia corespunzătoare pentru zbor, adică va aduce manşa în poziţia neutră (la indicaţia instructorului), palonierele la mijloc şi va privi la reperul ales pe orizont.

În momentul când planorul se va înclina la stânga, va trebui să dea manşă şi palonier dreapta, iar când planorul revine la orizontală (ca urmare a comenzilor date), va reveni cu manşa şi palonierul în poziţia neutră.

Instructorul de zbor urmăreşte în permanenţă modul cum elevul lucrează cu manşa şi palonierul şi dă indicaţii sportivilor de la capătul de plan să încline sau să aducă planorul la orizontală, funcţie de comanda dată de elevul pilot din planor.

La început veţi urmări corectitudinea lucrului cu manşa lateral şi palonierul în aceeaşi parte, în acelaşi timp şi în canităţi proporţionale.

După ce aţi reuşit să sincronizaţi comenzile, vom trece la următoarea etapă de pregătire şi anume efectuarea balansărilor urmărind lucrul cu manşa lateral şi palonierul în aceeaşi parte fără a acţiona manşa în profunzime.

Acest exerciţiu ne va forma deprinderile de a lucra cu manşa având o mişcare a mâinii din umăr. La început va exista tendinţa de a executa mişcările mâinii din cot, ceea ce va duce la o mişcare a manşei în profunzime odată cu mişcarea laterală.

Totodată în cadrul balansărilor ne vom obişnui să nu înclinăm capul când planorul este scos de la orizontală, adică să ne obişnuim cu faptul că facem corp comun cu planorul şi deci vom lua în permanenţă poziţia pe care o are planorul în zbor.

5. Aclimatizarea

Cu acest exerciţiu practic începeţi activitatea de zbor. La primele zboruri veţi urmări modul cum se comportă organismul în zbor, ce senzaţii apar şi cum le recepţionăm.

Datorită faptului că odată cu creşterea înălţimii presiunea atmosferică scade, respectiv la scăderea înălţimii presiunea creşte destul de repede, va trebui ca în permanenţă să ne obişnuim să *înghiţim în sec*, pentru a echilibra presiunea din interiorul urechii cu cea din exteriorul ei.

La avioanele de transport călători acest lucru se realizează prin faptul că la de-colare şi apoi la coborâre se distribuie călătorilor câte o bomboană.

Dar scopul principal al aclimatizării este de a ne familiariza cu spaţiul tridimensional, cu zborul în sine.

În cadrul acestor zboruri trebuie să ne obişnuim cu modul cum se vede solul de la o înălţime, modul cum se vede aerodromul ca aşezare şi formă, activitatea pe aerodrom, reperele înconjurătoare ale aerodromului precum şi modul cum ne orientăm faţă de aceste repere.

După ce ne-am familiarizat cu zborul vom trece la următorul exerciţiu şi anume:

6. Efectul comenzilor

În cadrul acestui exerciţiu vom urmări modul *cum se comportă aeronava când vom acţiona una sau mai multe comenzi simultan.*

Vom începe cu acţionarea manşei în profunzime. La început vom împinge de manşă împreună cu instructorul şi apoi vom repeta comanda de împingere sau tragere de manşă singuri. *La împingerea manşei vom observa că orizontul se ridică (botul coboară) şi apoi creşte viteza de zbor. Similar, la tragerea de manşă vom*

observa că botul se ridică (orizontul coboară) şi viteza de zbor scade, respectiv panta planorului se micşorează (Fig. 6.3.a, b).

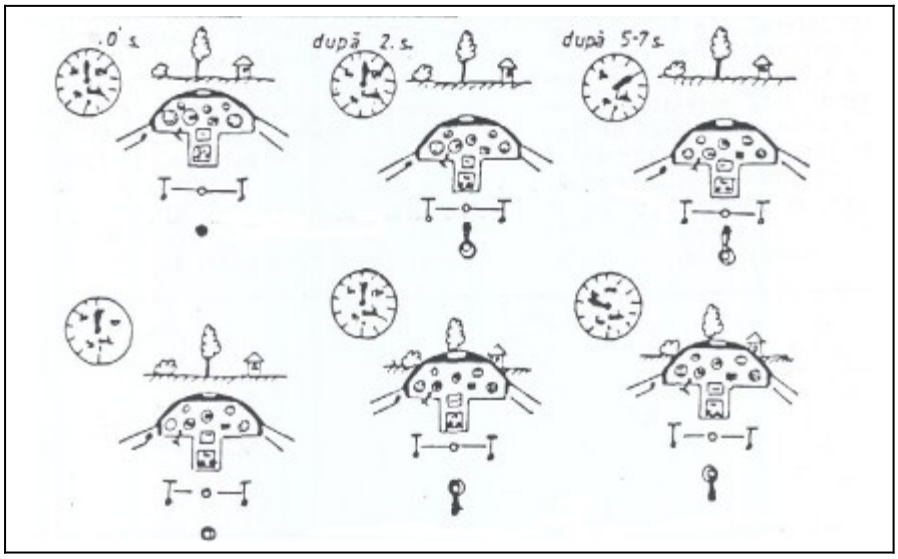


Fig. T.6.3.a. Efectul manşei în profunzime

Deci când vom acţiona manşa în profunzime, vom modifica panta de zbor, respectiv vom modifica viteza aeronavei.

În continuare vom acţiona palonierul lateral. La început împreună cu instructorul şi apoi singur *veţi acţiona palonierul în partea stângă şi veţi constata că planorul se roteşte spre stânga şi apoi se înclină* (tot în partea stângă).

La acţionarea palonierului, planorul se va roti, fapt ce va determina ca *aripa din exteriorul virajului să aibă o viteză de deplasare mai mare ca cea din interi-*

or, deci va avea o portanţă mai mare ceea ce va determina ridicarea aripii, deci înclinarea planorului. La fel se întâmplă dacă acţionăm palonierul în partea dreaptă (Fig. 6.4.).

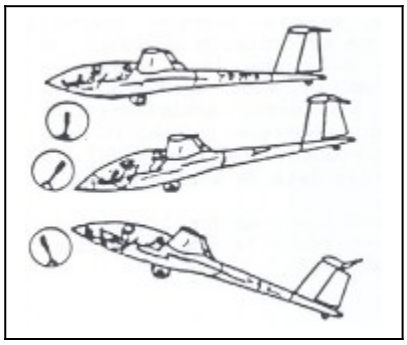


Fig. 6.3.b.

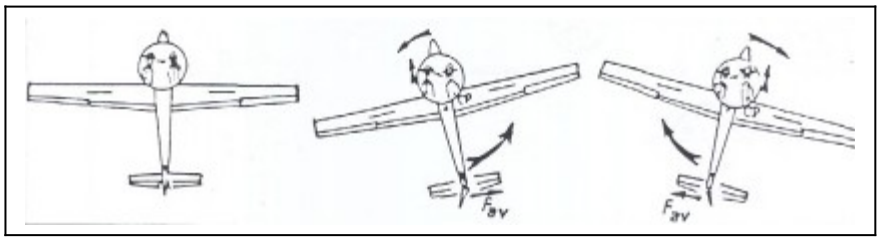


Fig. 6.4. Efectul acţionării palonierului

Această tendinţă de înclinare se numeşte *înclinare indusă* şi se manifestă ca *un efect secundar al comenzii de palonier* dată.

Înclinarea indusă mai apare şi în viraj, unde aripa din exterior se va roti mai repede ca cea din interior. Pentru a nu permite planorului să se încline când acţionăm palonierul sau când suntem în viraj (deci *pentru a menţine înclinarea dorită*) *va trebui să trecem cu manşa puţin în partea opusă înclinării*.

Prima dată veţi acţiona palonierul împreună cu instructorul, apoi veţi da comandă singuri şi veţi urmări evoluţia planorului. Cu aceasta ocazie veţi constata că, faţă de balansări, trebuie să acţionaţi cu un efort mai mare palonierul. Acest lucru se datorează faptului că acum acţionează asupra direcţiei masele de aer care creează o forţă de deplasare laterală a cozii planorului.

În continuare veţi lua (din nou reper) pe orizont şi veţi trece la acţionarea manşei lateral (vezi Fig. 6.5.).

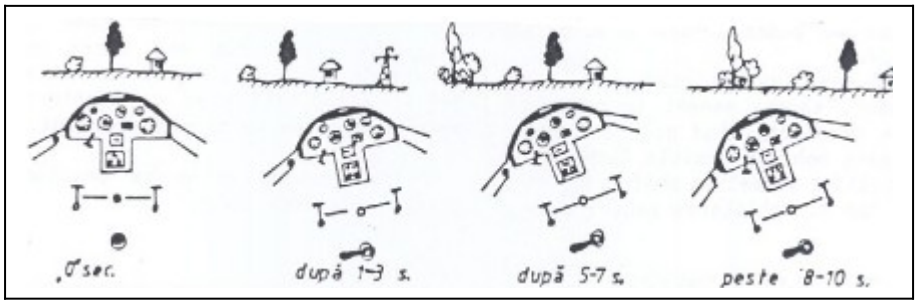


Fig. 6.5. Efectul acţionării manşei lateral

Privind reperul *veţi acţiona manşa lateral stânga şi veţi observa că iniţial botul o va lua la dreapta* (apare momentul negativ), *şi apoi* **planorul se va înclina la stânga** *şi se va roti la stânga*.

La început veţi acţiona împreună cu instructorul, apoi veţi acţiona manşa singuri, stânga şi apoi dreapta. În momentul când veţi acţiona manşa dreapta, fenomenele se vor repeta (ca şi în cazul anterior)
adică botul va pleca spre stânga, apoi planorul se va înclina şi în sfârşit se va roti spre dreapta.

După ce aţi lucrat cu palonierul şi manşa separat, vom ***coordona*** comenzile şi vom acţiona simultan manşa şi palonierul în partea stângă. Vom observa că acum nu mai apare momentul negativ, botul rămânând pe reper, planorul se înclină şi apoi se va roti spre stânga. La fel se întâmplă şi când acţionăm manşa şi palonierul în dreapta, botul rămâne pe reper, planorul se înclină spre dreapta şi apoi se va roti spre dreapta.

Tot acum veţi observa şi cantitatea de manşă şi palonier ce trebuie acţionată pentru a înlătura momentul negativ. Acest lucru este important pentru trecerea la executarea *liniei drepte*.

Tot la efectul comenzilor va trebui să învăţăm ce rol are compensatorul pe un planor în timpul zborului şi ce efecte are acţionarea acestuia. Astfel, în zbor normal în linie dreaptă vom lăsa manşa lejer şi vom împinge compensatorul spre bot. Veţi observa că manşa pleacă singură spre tabloul de bord, panta se măreşte şi viteza creşte.

Dacă vom trage de comanda compensatorului, vom observa că manşa revine spre noi, botul urcă spre orizont (panta se micşorează) şi viteza scade.

Acum vom aduce planorul din nou în pantă normală, vom stabiliza viteza, instructorul va compensa planorul pentru viteza respectivă, după care ţinând manşa în mâna dreaptă, cu stânga vom acţiona compensatorul spre înainte.

Totuşi noi nu vom premite manşei să-şi schimbe poziţia şi vom observa că a apărut un efort pe manşă care tinde să o împingă spre înainte. Dacă tragem de compensator dispare efortul (anterior) şi apoi va apare un altul în sens invers care va căuta să împingă manşa spre noi.

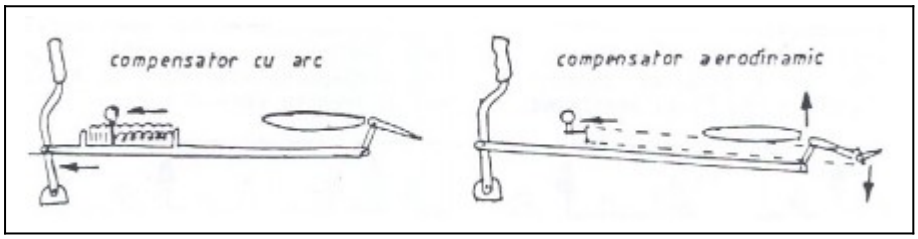


Fig. 6.6. Metode de compensare a planorului

Compensarea planorului pentru o anumită pantă (viteză) constă tocmai în operaţia prin care cu ajutorul compensatorului se elimină efortul de manşă pentru o anumită poziţie.

Aceasta va determina un pilotaj uşor, asupra manşei în poziţia neutră nemaiacţionând nici o forţă care să-i schimbe poziţia (schimbarea poziţiei manşei în profunzime va determina şi schimbarea pantei planorului).

În finalul acestei teme a rămas să vedem cum vom lucra cu maneta de comandă a voletului şi a frânei aerodinamice şi ce eforturi apar pe acestea în timpul zborului.

Cu aceasta se poate practic începe învăţarea zborului.

7. Linia dreaptă

Procesul de învăţare se începe cu executarea liniei drepte. *Executarea unui zbor în linie dreaptă înseamnă menţinerea planorului pe o pantă constantă, cu aripile la orizontală, deplasarea executându-se spre un reper ales pe orizont*. La început instructorul vă va pune planorul în poziţia pentru zbor în linie dreaptă şi în panta normală spre un reper ales la orizont şi apoi se va trece la executarea liniei drepte.

Linia dreaptă se învaţă în mai multe etape şi anume:

- menţinerea poziţiei în zbor cu aripile la orizontală (menţinerea orizontalei);
- menţinerea vitezei normale de zbor (panta normală);
- devieri şi devieri cu reveniri;

În cadrul primelor zboruri, instructorul vă va ajuta menţinând panta de zbor, iar dvs. va trebui să menţineţi planorul cu aripile la orizontală lucrând cu manşa şi palonierul *coordonat* (pentru a nu apare momentul negativ).

În practică, în timpul zborului pilotul va menţine planorul cu aripile la orizontală, urmărind poziţia cabinei (a tabloului de bord faţă de orizont). Se ştie că

cea mai mică înclinare va duce la executarea unei rotiri în timp, deci a unui viraj.

În concluzie, pentru a putea executa o linie dreaptă va trebui să menţinem planorul la orizontală în permanenţă (cu înclinarea aripilor nulă). Pentru început va fi foarte dificil să observaţi înclinările (aripilor) mici, dar veţi sesiza uşor deplasarea reperului în stânga sau în dreapta (Fig.7.7.).

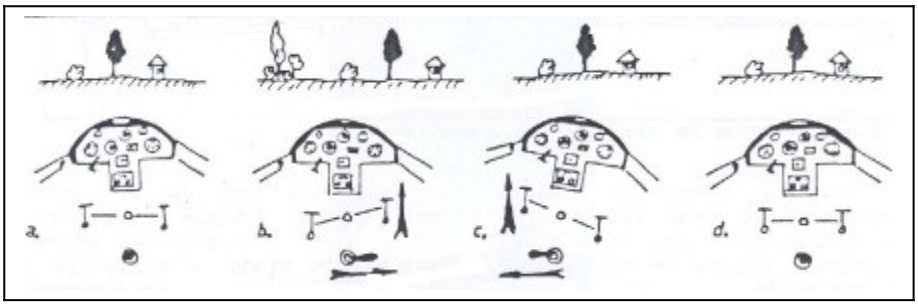


Fig. 7.7. Menţinerea planorului pe reper

Astfel dacă reperul se va deplasa în dreapta, (botul a plecat spre stânga), va trebui să "dăm" manşă şi palonier dreapta în cantităţi proprţionale, comenzi cu amplitudine mică, iar când planorul ajunge cu botul pe reper vom aduce comenzile în poziţia neutră (la mijloc).

La început se va întâmpla ca în timpul revenirii pe reper, în urma acţiunii comenzilor de manşă şi palonier date, planorul să se încline în partea dreaptă. În această situaţie nu mai este suficient să revenim cu comenzile la poziţia neutră, ci trebuie să acţionăm manşa şi palonierul în stânga pentru a aduce planorul cu aripile la orizontală şi apoi să aducem comenzile în poziţie neutră.

În primele zboruri o mare parte din elevi uită să acţioneze palonierul, fapt ce determină apariţia momentului negativ, deci deplasarea şi mai mult a botului faţă de reper, lucrul care va determina acţionarea comenzilor în cantitate mai mare, înclinări mai mari şi repectiv menţineri pe direcţie mai dificile. Tot în primele zboruri se poate întâmpla ca, încercând să aducem manşa şi palonierul în poziţia neutră, să le trecem în partea cealaltă, fapt care va determina rotirea botului în continuare.

În momentul în care sesizăm deplasarea reperului va trebui să repetăm comenzile pentru a menţine planorul în linie dreaptă. După ce ne-am obişnuit cu menţinerea planorului la orizontală, vom trece la executarea zborului cu menţinerea pantei de zbor.

Pentru început instructorul va compensa planorul la viteza corespunzătoare pantei normale de zbor, lucru necesar pentru ca elevul să nu aibă de eliminat eforturi pe manşă în timpul zborului pe panta normală.

Paralel cu menţinerea pantei se execută şi finisarea exerciţiului de menţinere a planorului la orizontală.

Menţinerea pantei se obţine luncrând cu manşa în profunzime.

Astfel, *dacă panta se micşorează* (se ridică botul faţă de orizont), *vom împinge de manşă până când planorul ajunge cu botul în poziţia iniţială faţă de orizont şi apoi vom reveni cu manşa în poziţia neutră* (vezi Fig. 7.8.a.).

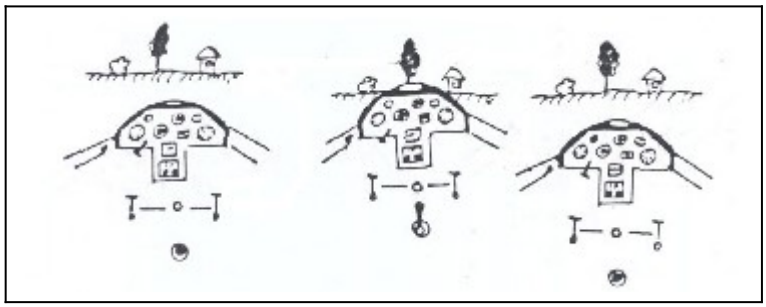


Fig. 7.8.a. Menţinerea pantei de zbor

În cazul în care panta se măreşte (botul coboară faţă de orizont), *vom trage de manşă până când botul ajunge în poziţia iniţială şi apoi vom reveni cu manşa în poziţie neutră* (vezi Fig. 7.8.b.).

În cadrul primelor zboruri se întâmplă ca acţionând manşa în profunzime, să întârziem cu revenirea şi atunci botul va trece în partea cealaltă faţă de orizont, fapt ce va determina din nou necesitatea acţionării manşei în profunzime.

În cele mai frecvente situaţii vom avea de lucru pentru menţinerea planorului în linie dreaptă, atât cu manşa în profunzime, cât şi cu manşa în lateral şi palonier, aceasta datorită faptului că planorul este scos din poziţia de zbor în echilibru de mişcări verticale ale maselor de aer sau chiar de mişcări involuntare de manşă şi palonier. Trebuie avut în vedere ca în timpul învăţării acestui exerciţiu *elevul să stea degajat în planor, să fie bine legat în chingi* pentru a face corp comun cu planorul, *să execute comenzile de manşă lateral cu o mişcare din umăr*, pentru ca mişcarea să fie perfect laterală şi fără să se tragă sau să se preseze de maşă involuntar.

Elevul, în timpul zborului, va privi la orizont şi la modificările care apar în poziţia botului (tabloul de bord) faţă de acest orizont. Se va ajuta la menţinerea pantei de zbor, verificând corectitudinea acesteia după vitezometru pe care îl va privi din timp în timp. Elevul trebuie să se obişnuiască cu faptul că toate comenzile se dau lin, în cantităţi mici, iar după ce se obţine efectul dorit se revine cu aceste comenzi în poziţie neutră.

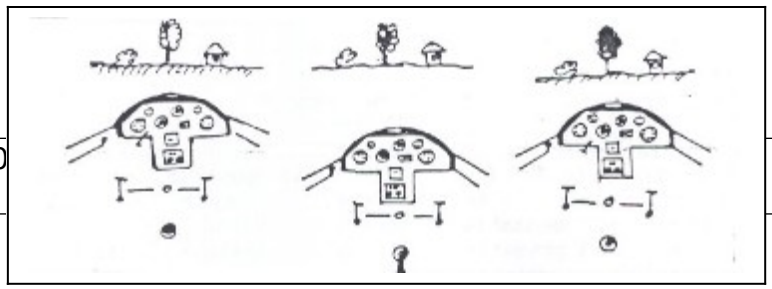


Fig. 7.8.b. Menţinerea pantei de zbor

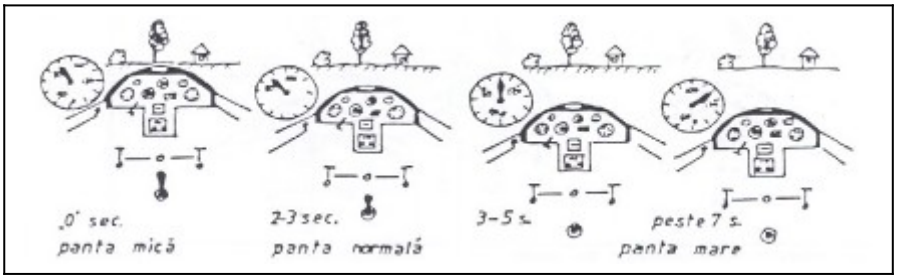


Fig. 7.9. Menţinerea liniei drepte în mod greşit

Este greşit ca elevul să se obişnuiască să execute linia dreapta după indicaţia vitezometrului, datorită faptului că acesta are o întârziere de câteva secunde în indicaţtii, lucru ce va duce la executarea unui zbor cu pantă variabilă (vezi Fig. 7.9.).

După ce am învăţat să zburăm în linie dreaptă vom trece la executarea devierilor.

7.1. Devierea şi revenirea pe reper

Devierile de la reper reprezintă schimbări de direcţie de până la 45°. Scopul acestor devieri este de a învăţa elevul cu senzaţia schimbărilor de direcţie şi pregătirea executării virajului. Executarea devierilor se realizează în felul următor:

Din zbor în linie dreaptă se alege un reper spre stânga sau dreapta (partea în care dorim să executăm devierea), apoi se va da comandă de intrare în deviere. Aceasta constă în o comandă de manşă lateral şi palonier în partea dorită (vezi Fig. 7.10.). Comandă se va da cât mai fin posibil pentru a putea observa cum reacţionează planorul.

Când înclinarea planorului a atins cca. 15°-20°, vom da manşă şi palonier în partea opusă pentru a nu-i permite să se încline mai mult. În acest timp planorul se va roti şi când am ajuns pe reper vom da manşă şi palonier, de data aceasta mai hotărât în partea opusă înclinării pentru a aduce planorul la orizontală şi a nu-i mai permite să se rotească, după care revenim cu manşa şi palonierul în poziţia neutră.

În cele mai frecvente situaţii în cazul devierilor de pe direcţie, dacă vom da comenzi în mod progresiv şi fin, când trecem la executarea menţinerii vom fi nevoiţi să dăm şi comenzi de aducere a planorului la orizontală (planorul a ajuns pe reperul ales) şi apoi să aducem comenzile în poziţia neutră.

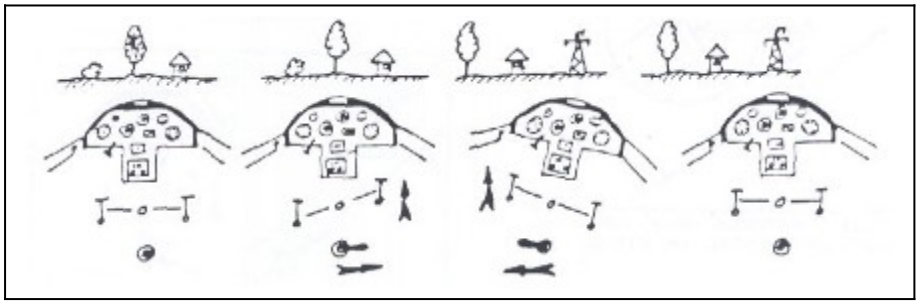


Fig. 7.10. Executarea devierii de pe direcţie

Din zborul în linie dreaptă pe noul reper se poate face o nouă deviere pentru a ajunge la vechiul reper.

În timpul executării devierilor pot apare următoarele greşeli:

- *elevul nu face corp comun cu planorul* şi va căuta să stea într-o poziţie verticală când planorul se va înclina (înclină capul în partea opusă virajului);
- *nu lucrează cu manşa şi palonierul în acelaşi timp şi în aceeaşi parte;*
- planorul se înclină prea mult datorită faptului că *au fost date comenzi prea ample* sau *nu s-a făcut menţinerea la timp*;
- *nu se păstrează panta normală de zbor*, datorită lucrului cu manşa atât lateral cât şi în profunzime (mişcarea mâinii din cot);

După ce am învăţat să executăm linia dreaptă, devieri şi reveniri vom trece la executarea virajului.

8. Virajul

Virajul este zborul planorului pe o traiectorie circulară. Are ca scop schimbarea direcţiei de zbor a planorului.

Virajul se execută în următoarele faze:

a. pregătirea virajului;
b. intrarea în viraj;
c. menţinerea virajului;
d. scoaterea din viraj;

a. **Pregătirea virajului** constă în verificarea spaţiului aerian în care vom evolua şi luarea unui reper (de ex 90°). Propriu-zis nu este o fază a virajului.

b. După ce ne-am asigurat că în zona în care dorim să facem virajul nu este o altă aeronavă vom da comenzi de **intrare în viraj**, comenzi care constau din maşă şi palonier în partea dorită. Aceste comenzi se dau în aceeaşi parte, în cantităţi proporţionale şi în mod progresiv pentru a putea urmări modul cum se înclină planorul. Cantitatea de palonier dată va fi ceva mai mare decât cea necesară virajului pentru a elimina momentul negativ. Totodată, pe măsură ce planorul se înclină, se va observa tendinţa de a coborî botul. Acest lucru se întâmplă datorită faptului că după ce planorul s-a înclinat, direcţia bracată va crea o forţă F_d ce nu mai este orientată pe orizontală, ci oblic în sus. Această forţă va avea o componentă pe verticală F_{dv} care va ridica coada planorului (va coborî botul). Componenta va fi cu atât mai mare cu cât înclinarea în viraj este mai mare (vezi Fig. 8.11.).

Pentru a elimina tendinţa de a pica botul, va trebui să intervenim cu o forţă pe profundor (realizată prin tragere de manşă) care să anuleze componenta F_{dv} (această manevră se numeşte susţinerea virajului). Întrucât pentru începători este destul de dificil să execute şi intrarea în viraj şi menţinerea pantei corect susţinerea virajului, se recomandă că virajele de şcoală să se facă cu înclinări mici (aprox. 15º-20º) unde forţa pe direcţie F_{dv} este mică şi planorul aproape că nu îşi schimbă panta de zbor.

c. Când planorul a atins aproape înclinarea dorită (cca. 15º-20º) vom da comenzi de **menţinere a virajului**. Aceste comenzi constau în manşă lateral şi palonier în partea opusă înclinării pentru ca planorul să nu se mai încline.

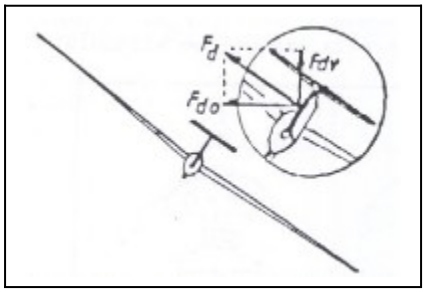


Fig. 8.11. Forţele care apar pe ampenajul vertical în viraj

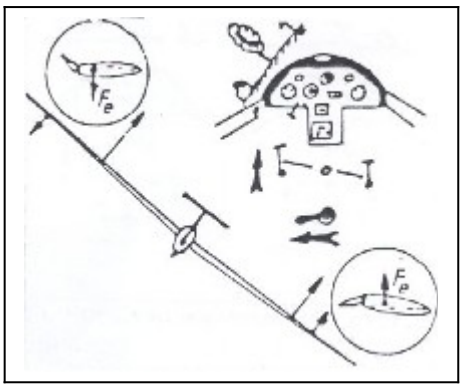


Fig. 8.12. Menţinerea virajului

Se dă şi comandă de palonier pentru a scoate cantitatea suplimentară dată la intrare pentru eliminarea momentului negativ.

Comanda laterală de manşă va trebui să treacă dincolo de poziţia neutră. Acest lucru este necesar deoarece dacă manşa ar fi în poziţie neutră (eleroane nebracate), pe aripa din exterior avem o viteză de deplasare mai mare ca pe aripa din interior, deci pe aripa din exterior vom avea o portanţă mai mare, care va duce la ridicarea aripii, deci la înclinarea în continuare a planorului.

Pentru a elimina acest lucru va trebui să creem o forţă cu ajutorul eleronului care să anuleze diferenţa de portanţă de pe aripi. Această forţă se obţine trecând manşa dincolo de poziţia de mijloc (bracând eleronul în sus).

Practic, menţinerea în viraj nu reprezintă o manevră propriu-zisă, ci mai mult o menţinere constantă în timpul virajului a unei pante normale, a înclinării şi o rotire unghiulară constantă.

Menţinerea planorului durează pe întreaga perioadă a executării virajului şi constă într-un control al poziţiei în raport cu orizontul. Rolul pilotului în această fază este de a corecta efectele secundare care pot apare datorită unor greşeli în pilotaj sau a unor perturbaţii exterioare (rafale verticale). Din acest motiv, în timpul menţinerii, comenzile nu vor rămâne strict în poziţie neutră, ele fiind acţionate în funcţie de situaţia apărută.

Cu cca. 30º-20º înainte de ajunge pe reper, vom da comenzi de scoatere din viraj. Cu cât înclinarea este mai mare în viraj, cu atât şi comenzile de scoatere se dau mai din timp.

d. **scoaterea din viraj** se realizează dând manşă şi palonier în partea opusă înclinării şi când planorul a revenit la orizontală, vom reveni cu manşa şi palonierul în poziţia neutră.

Întrucât la intrarea în viraj am acţionat (în afară de manşă şi palonier lateral) şi manşa în profunzime pentru a menţine panta normală la viraje cu îclinare, la scoaterea din viraj va trebui să împingem uşor de manşă pentru a elimnina tendinţa de ridicare a botului.

Pentru început, elevii vor executa viraje cu următoarele greşeli mai frecvente:

- în timpul virajului există tendinţa de a ţine capul înclinat faţă de planor (capul în poziţie verticală). Acest lucru se datorează faptului că pilotul nu face corp comun cu planorul sau nu este legat în chingi suficient de strâns;
- la intrarea în viraj se dau comenzi prea ample şi planorul se înclină prea mult, fapt ce duce la o menţinere a pantei în mod dificil (pantă inconstantă);
- menţinerea înclinării nu se execută corect (s-a scos mai puţină manşă sau prea multă), fapt ce va detemina în continuare înclinarea sau, respectiv, revenirea planorului la orizontală;
- elevul nu urmăreşte modul cum se deplasează botul pe orizont (rotirea în viraj). Acest lucru se datorează faptului că în viraj priveşte în jos sau în prelungirea aripii (unde şi-a ales reper);
- scoaterea din viraj se execută cu întârziere, fapt ce duce la depăşirea reperului, fiind necesar apoi să facem corectări (devieri) pentru revenirea la reperul ales;

- cantităţile de manşă nu sunt proporţionale cu cele de palonier şi vor rezulta viraje derapate sau alunecate (glisate).

Susţinerea virajului constă în activitatea de tragere de manşă în paralel cu operaţia de menţinere a virajului, activitate necesară atunci când virajul se execută cu înclinare mai mare de 15-20 ° şi în consecinţă apar modificări ale portanţei în viraj faţă de portanţa existantă la zborul orizontal. După cum am studiat la cap. Aerodinamică, portanţa planorului scade pe măsură ce creşte unghiul de înclinare în viraj.

Dacă nu s-ar efectua operaţia de susţinere a virajului înclinat mai mult de 20-25 °, panta s-ar modifica datorită micşorării portanţei faţă de zborul orizontal. Acesta este şi motivul pentru care în timpul învăţării virajului, instructorul impune efectuarea menţinerii când planorul a atins înclinarea de maxim 15-20^0.

8.1. Efectul acţionării separate şi coordonate a manşei şi palonierului în viraj

După cum am văzut (vezi Fig. 8.11.), în timpul unui viraj direcţia are, când este bracată, şi rol de profundor (va ridica coada planorului). Acelaşi lucru se întâmplă şi cu efectul profundorului.

Astfel, dacă la zborul orizontal, profundorul are efect asupra pantei, pe măsură ce creşte înclinarea creşte şi efectul acestuia asupra vitezei unghiulare de rotire. Cu cât creşte înclinarea şi rolul suprafeţelor de comandă se schimbă;
astfel la un viraj cu o înclinare de 90°, profundorul devenind direcţie, iar direcţia, profundor (vezi Fig. 8.13.).

La viraje cu înclinare mijlocie, (cca.40°) vom controla viteza de rotire unghiulară printr-un efect sensibil egal al profundorului şi al direcţiei.

Exemplu: dacă dorim să mărim viteza de rotire, vom trage de manşa şi în acelaşi timp vom presa palonierul spre interiorul virajului. În situaţia când dorim să micşorăm viteza de rotire unghiulară, vom presa palonierul către exteriorul virajului şi în acelaşi timp vom împinge manşa spre înainte.

Conjugarea comenzilor într-un viraj spre stânga cu înclinare medie, se poate urmări în Fig. 8.14.

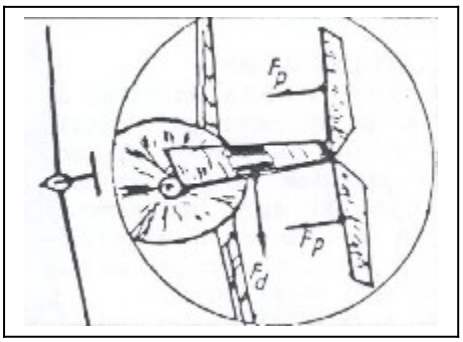


Fig. 8.13. Virajul cu înclinare mare

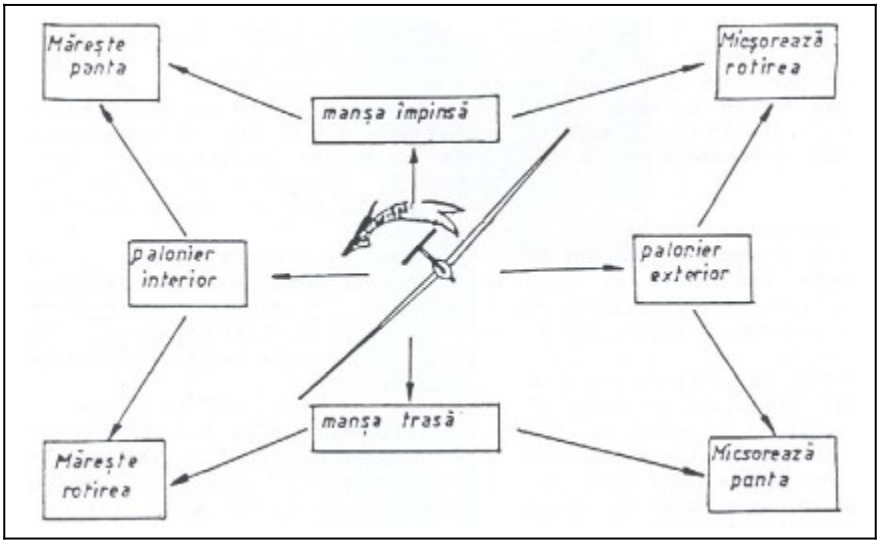


Fig. 8.14. Schema acţionării manşei şi palonierului la viraje cu înclinare medie (în fig. viraj stânga)

8.2. Virajele de 90°,180° si 360°

În continuare, vom studia cazurile particulare ale virajelor de 90°, 180° şi 360°.

A. virajul de 90°

Pentru a executa un viraj de 90° se va lua un reper pe direcţia vârfului aripii în partea în care dorim să executăm virajul (stânga sau dreapta) şi apoi vom executa virajul în aşa fel ca, după ieşirea din viraj, botul planorului să fie îndreptat spre acest reper.

Vom avea grijă să dăm comandă de scoatere din viraj (pentru un viraj de şcoală cu înclinare de 15°-20°), după ce am parcurs un sector de cerc de cca 60°-70°, adică atunci când mai avem 30°-20° până la reper.

B. virajul de 180°

Se va executa luând un reper în prelungirea aripii (din partea virajului) ca pentru un viraj de 90° şi când ajungem cu botul pe reperul respectiv, mai luăm un reper în prelungirea aripii, continuând în acelaşi timp virajul.

Când mai avem cca. 30°-20° faţă de cel de-al doilea reper vom da comenzi de scoatere din viraj pentru a ieşi pe reper în linie dreaptă.

C. virajul de 360°

Se va lua reper drept în faţă (practic avem reperul pe care executăm linia dreaptă), după care vom executa virajul (stânga sau dreapta) şi ne vom opri din nou cu botul pe reperul ales (sau avut anterior).

Execuţia virajului se relizează ca la punctele anterioare.

8.3. Virajul glisat şi virajul derapat

Un planor zboară glisat sau derapat atunci când traiectoria sa nu coincide cu planul de simetrie şi fileurile de aer lovesc lateral planorul. Zborul incorect se manifestă atât în linie dreaptă, (alunecare) cât şi în viraj unde prezintă ambele aspecte: zborul glisat (alunecat) sau zborul derapat.

Pentru a elimina aceste neajunsuri nu vom aştepta ca planorul să execute virajul derapat sau glisat ci vom provoca fiecare caz în parte pentru a învăţa să aducem planorul în poziţia de zbor corectă:

A. virajul glisat

Din viraj corect vom acţiona puţin palonierul în partea opusă virajului (practic vom scoate puţin palonier) pentru a micşora viteza de rotire unghiulară, fără a modifica nici panta nici înclinarea şi vom constata că bila se va deplasa spre interiorul virajului. Am modificat direcţia celor două rezultante care încetează de a mai fi în planul de simetrie al planorului, acesta aflându-se în viraj glisat (vezi Cap. Aerodinamica, Fig. 17.52.).

Deci, *dacă suntem în viraj glisat (bila se află spre interiorul virajului) va fi suficient să acţionăm palonierul în partea virajului* (vom "băga" puţin palonier).

Virajul se mai poate corecta şi micşorând înclinarea acestuia, dar în practică veţi observa că este mai uşor să-l corectăm din palonier. Acest lucru se întâmplă deoarece înclinarea planorului în viraj se menţine mai uşor, în timp ce rotirea unghiulară este mai greu de menţinut. Totuşi, vom vedea în practică că dacă dorim să executăm un viraj cu o rotire unghiulară mai mare, (raza de viraj mai mică), va fi suficient să executăm un viraj cu înclinare mai mare.

Ca o regulă generală, *dacă planorul glisează* după o intrare în viraj, aceasta se datorează faptului că nu am apreciat bine dozarea comenzii palonierului (nu am acţionat palonier suficient pentru anularea momentului negativ). *Corectarea se face prin acţionarea palonierului în partea virajului*.

B. virajul derapat

Dacă totuşi din panta normală, cu înclinare normală, vom acţiona palonierul în partea virajului pentru a creşte viteza unghiulară de rotire, vom observa ca bila se va deplasa dintre repere spre exteriorul virajului, planorul executând în această situaţie un viraj derapat (vezi Fig. 17.52.).

Pentru a corecta această situaţie vom micşora viteza de rotire unghiulară, acţionând palonierul spre partea opusă virajului (practic scoţând puţin picior) până când bila ajunge din nou între repere (indicaţia de viraj corect).

Şi în situaţia virajului derapat se poate corecta derapajul prin mărirea înclinării (acţinarea manşei lateral), dar nu se recomandă pentru ca în timpul învăţării virajului am spus că executăm viraje cu înclinare constantă.

De regulă dacă în viraj planorul derapează, cauzele pot fi:

- corectarea excesivă a momentului negativ (prea mult palonier spre interiorul virajului);
- corectarea execesivă a înclinării pe timpul menţinerii virajului (prea multă manşă spre exteriorul virajului);
- de multe ori, ambele comenzi simultan (adică se intră cu prea mult palonier şi se execută menţinerea fără a scoate palonier şi acţionând manşa prea mult).

9. Decolarea şi luarea înălţimii în remorcaj de automosor

Decolarea planorului în remorcaj de automosor se defineşte ca o mişcare uniform accelerată care durează din momentul începerii rulajului şi până când se atinge o înălţime de siguranţă de cca. 40-50 m faţă de planul orizontal care trece prin punctul de începere a rulajului.

Decolarea în remorcaj de automosor cuprinde următoarele faze:

a. rulajul pe sol pentru decolare;
b. desprinderea de pe sol;
c. panta moderată de urcare (până la înălţimea de 40-50 m);

În continuarea remorcajului avem, pe timpul luării înălţimii:

d. panta optimă de urcare;

e. declanşarea

Pentru decolare se exploatează vântul de faţă pentru a ne ajuta la desprindere şi apoi la urcare (micşorează viteza faţă de automosor necesară pentru desprindere şi respectiv urcare).

Înaintea decolării pilotul va verifica cabina, instrumentele de bord, comenzile, împinge comanda compensatorului spre înainte şi când totul este în ordine face semn pentru ridicarea aripii la orizontală (prin ridicarea degetului mare de la mâna stângă în sus) şi comunică prin radio că este gata pentru decolare.

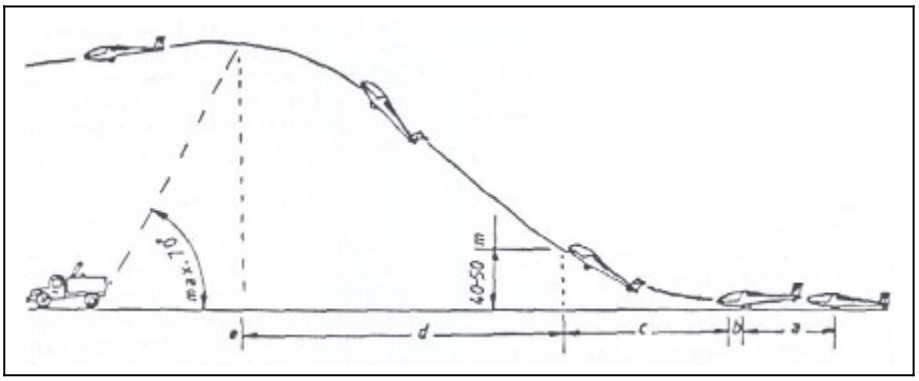


Fig. 9.15. Remorcajul la automosor

În vederea decolării pilotul va ţine comenzile la mijloc, iar privirea va fi îndreptată spre un reper la orizont (eventual automosorul).

a. rulajul pe sol pentru decolare

Pe timpul rulajului atenţia va fi îndreptată asupra menţinerii planorului la orizontală şi pe direcţia reperului (automosorului), acţionând simultan cu palonierul şi manşa lateral în partea opusă devierii sau înclinării, la început cu mişcări mai mari, iar pe măsură ce planorul intră în viteză cu mişcări din ce în ce mai mici, atât cât este necesar ca planorul să rămână în poziţia orizontală şi pe direcţie.

Dacă este necesar (la unele tipuri de planoare) se va presa manşa uşor spre înainte pentru a menţine planorul în rulaj pe roata principală. Acest lucru asigură în acelaşi timp şi o desprindere a planorului când avem o viteză de rulaj cu cca. 10% superioară vitezei minime de zbor a tipului respectiv de planor (la IS 28 B_2 este de circa. 80 Km/h).

b. desprinderea de pe sol

Practic cu manşa în poziţia neutră planorul se va desprinde singur de pe sol datorită creşterii de viteză (acest lucru este valabil în situaţia declanşatorului de burtă).

c. panta moderată de urcare

După ce planorul s-a desprins de pe sol, se anulează tendinţa de cabraj (datorată excesului de viteză), presând uşor de manşă către în faţă, pentru ca urcarea să se execute pe o pantă moderată de urcare până la înălţimea de siguranţă de 40-50 m, urmărindu-se indicaţiile vitezometrului, menţinerea planorului pe direcţie şi la orizontală.

d. panta optimă de urcare

La atingerea înălţimii de siguranţă se trece la panta normală de urcare (panta optimă de urcare), printr-o racordare lină, trăgând lent şi progresiv de manşă.

În timpul urcării se menţine planorul pe direcţie având ca reper o porţiune de cer (un nor) sau reperele vizibile pe sol în lateralul planorului.

În timpul remorcajului se urmăreşte în permanenţă vitezometrul. Dacă viteza scade se va presa de manşă micşorând panta de urcare, iar dacă viteza de zbor creşte se va trge uşor de manşă pentru a mări panta de urcare (**dar nu o vom mări peste panta optimă de urcare, chiar dacă viteza continuă să crească**).

Când remorcajul ajunge apoape de sfârşit se va **slăbi** uşor manşa spre înainte pentru a pune planorul pe panta de zbor normală (de zbor liber). Acest lucru se va realiza mai repede sau mai încet în funcţie de indicaţia vitezometrului (viteza va scade odată cu reducerea tracţiunii automosorului).

e. declanşarea

În momentul în care planorul a trecut de la poziţia de zbor cabrat la poziţia de zbor planat, pilotul va acţiona hotărât comanda declanşatorului de 2-3 ori (pentru siguranţa declanşării) şi va trece la zborul planat.

Primele declanşări le va executa la indicaţia instructorului.

Imediat după declanşare se va merge în linie dreaptă până ce se stabileşte panta corespunzătoare vitezei normale de zbor şi în acest timp se controlează poziţia şi înălţimea pentru a şti dacă vom executa primul viraj de 90° sau de 180°.

9.1. Decolarea cu vânt lateral

În situaţia vântului lateral remorcajul la automosor se va executa presând uşor palonierul în partea de unde bate vântul.

Când vântul este mai tare se va înclina puţin planorul în partea de unde bate vântul pentru a anula tendinţa de deplasare de pe direcţia de decolare.

După declanşare, planorul va fi readus cu botul pe direcţia de decolare.

Până acum am discutat situaţia remorcajului cu declanşator de burtă. În realitate suntem în situaţia să întâlnim şi planoare cu declanşator de bot.

La aceste planoare trebuie să avem grijă să nu mărim panta brusc pentru că apar tangaje (panta se măreşte trăgând de manşă). Aceste tangaje se caracterizează prin faptul că datorită pantei accentuate, planorul ajunge la un unghi de incidenţă mare pe ampenajul orizontal, se produce desprinderea fileurilor de aer de pe acesta (de pe stabilizator şi profundor), fapt care are ca efect pierderea portanţei pe

ampenaj, iar planorul va cade pe bot. Acest lucru se datorează faptului că nu mai există momentul creat de profundor, care să anuleze componenta tracţiunii T_2 (vezi Fig. 19.54.).

Picând botul, unghiul de incidenţă se micşorează, portanţa reapare şi planorul va cabra din nou. Aceste mişcări ale planorului în jurul axei transversale, numite tangaje, vor continua şi se vor amplifica dacă pilotul nu va slăbi manşa pentru a micşora panta de urcare a planorului.

Pentru a preîntâmpina apariţia tangajelor la planoarele cu declanşator de bot, manşa trebuie slabită în a doua parte a remorcajului, micşorând progresiv unghiul pantei de urcare în aşa fel ca la încetarea tracţiunii poziţia planorului să nu fie cabrată.

În situaţia remorcajului la automosor este greşit ca imediat după desprindere să se pună planorul pe panta accentuată de urcare. Acest lucru nu este permis, deoarece în cazul încetării tracţiunii, planorul fiind într-o poziţie cabrată, la înălţime mică şi cu viteză mică, chiar dacă împingem energic de manşă nu avem înălţime suficientă pentru a câştiga viteza necesară zborului planat iar în această situaţie, în cazul cel mai fericit, ne alegem doar cu o avarie a planroului.

Se mai întâmplă ca planorul să treacă după desprindere în panta accentuată de urcare şi atunci când comanda compensatorului este spre înapoi. Acest fapt duce la apariţia unui moment de cabraj când planorul intra în viteză (suprafaţa compensatorului devine eficientă).

10. Cazuri speciale în remorcaj de automosor

În cadrul remorcajului de automosor vom întâlni mai multe situaţii de cazuri speciale, după cum urmează:

a. Încetarea tracţiunii (sau ruperea cablului) în rulaj pe sol:

- se declanşează;
- se deviază maxim 15° spre zona degajată pentru evitarea cablului şi
- se acţionează frâna pe roată pentru scurtarea rulajului.

b. Încetarea tracţiunii sau ruperea cablului în panta moderată de urcare până la înălţimea de 50 m:

- se asigură panta normală de zbor printr-o manevră sigură şi hotărâtă;
- se declanşează şi după stabilirea vitezei normale de zbor planată,
- se procedează pentru aterizare în linie dreaptă cu devieri pentru evitarea eventualelor obstacole.

c. Încetarea tracţiunii (sau ruperea cablului) la înălţimea de 50-100 m:

În funcţie de:

- suprafaţa aerodromului,
- direcţia şi intensitatea vântului,

- tipul planorului şi mai ales funcţie de:
- înălţimea la care s-a produs încetarea tracţiunii (sau ruperea cablului) după
- asigurarea pantei normale de zbor printr-o manevră sigură şi hotărâtă pentru stabilirea vitezei normale de zbor planat,
- se declanşează cablul şi se alege una din variantele următoare:

(1):
- se execută un viraj spre partea cea mai degajată a aerodromului,
- se scot frânele aerodinamice şi
- se procedează pentru aterizarea pe direcţia aleasă;

(2):
- în cazul vântului cu intensitate mare se procedează pentru aterizare în linie dreaptă.

d. Dacă încetarea tracţiunii (sau ruperea cablului) s-a produs la o înălţime care permite executarea unui tur de pistă compus din 2 viraje de 180º
- se va avea grijă ca cel de-al doilea viraj (virajul de priză) să fie executat din timp, cu înălţime de siguranţă şi
- se va executa aterizarea pe direcţia automosorului în continuarea careului de aterizare.

e. Nedeclanşarea cablului de la planor
- în această situaţie cablul va fi tăiat de la automosor, iar noi
- vom veni la aterizare cu cablul în bot pe zona degajată a aerodromului pentru a evita obstacolele de care se poate agăţa cablul.

Viteza de zbor în această situaţie va fi cu cca. 10% mai mare ca viteza de zbor normală.

11. Decolarea şi remorcajul la avion

Este metoda de remorcaj cea mai des folosită pentru ridicarea planorului la o anumită înălţime. Această metodă s-a impus datorită faptului că în comparaţie cu automosorul unde se pot câştiga aprox. 200-300 m, la avion se poate urca până la ce înălţime dorim, având astfel certitudinea că putem exploata condiţia termică a zilei.

Remorcajul de avion cuprinde următoarele faze:

a. rulajul pentru decolare;
b. desprinderea de pe sol a planorului;
c. palierul planorului;
d. urcarea şi luarea înălţimii în remorcaj;
e. declanşarea;

Înainte de a începe descrierea remorcajului trebuie amintit faptul că şi în această situaţie pilotul se va echipa corespunzător, va verifica comenzile din punct de vedere funcţional şi va verifica instrumentele de bord.

După aceasta, un coleg va clanşa cablul şi când suntem gata vom face semn cu degetul că suntem gata pentru decolare.

După ce aripa va fi ridicată la orizontală, raportăm prin radio că suntem gata pentru decolare, iar avionul remorcher va începe să întindă funia (funia folosită are o lungime de cca. 30-50 m şi este confecţionată din fibre suntetice pentru a avea o elasticitate mare).

a. rulajul pentru decolare

După ce funia se întinde, dispozitivul avion-planor va începe practic decolarea. Aceasta începe cu rulajul pe sol.

Pentru planor prima etapă este cea mai delicată deoarece viteza fiind mică, comenzile încă nu sunt eficiente.

În prima parte a rulajului, până când eleroanele devin eficiente, aripile vor fi ţinute la orizontală de un coleg care ţine la plan.

Reamintim că înainte de decolare compensatorul trebuie pus în poziţia "picaj", deoarece în remorcaj viteza de zbor este mai mare decât cea din zborul pe panta normală, ceea ce crează un efect de cabraj al planorului şi o presiune nedorită a manşei spre înapoi care oboseşte pilotul planorului pe timpul remorcajului, iar voletul va fi bracat pe poziţia de decolare pentru a scurta rulajul.

Poziţia manşei şi a palonierului înainte de decolare este la mijolc (poziţia neutră).

După ce a început rulajul se menţine planorul la orizontală şi pe aceeaşi linie cu avionul exact în axa longitudinală a acestuia.

Deoarece în timpul rulajului profundorul este cel care devine cel mai repede eficace veţi acţiona manşa în profunzime pentru a pune planorul să ruleze pe roata principală (astfel micşorăm frecările cu solul şi grăbim desprinderea). Manşa va fi acţionată spre înainte la planoarele care au centru de greutate în spatele roţii şi spre înapoi la planoarele care au centrul de greutate în faţa roţii.

Din momentul în care cel care ţine la plan a lăsat aripa, planorul va fi ţinut la orizontală prin acţionarea hotărâtă a manşei lateral.

În ciuda acestui fapt se poate întâmpla ca unul din planuri să atingă solul. Atunci este necesară o comandă amplă pentru a reveni cu aripile la orizontală.

Dacă totuşi planorul rămâne cu aripa pe sol cu toate eforturile de a o ridica şi dacă planorul tinde să se deplaseze foarte mult faţă de avion, va trebui să declanşăm cablul (funia) şi să acţionăm frâna pe roată.

Până când planorul ia viteză, meţinerea în ax se face cu ajutorul palonierului.

După ce viteza a crescut, planorul se menţine la orizontală şi în ax cu avionul acţionând simultan cu maşa şi palonierul în partea opusă înclinării sau devierii.

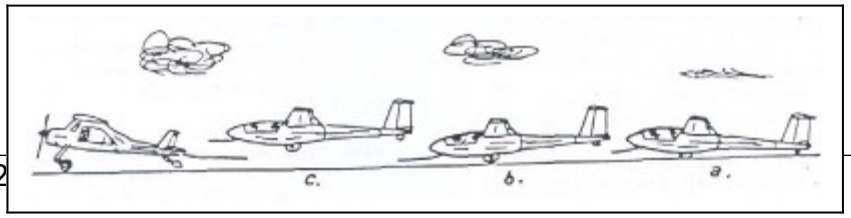


Fig. 11.16. Fazele decolării

b. desprinderea de pe sol a planorului

Desprinderea de pe sol se va produce când viteza de deplasare depăşeşte cu 10% valoarea vitezei minime de zbor.

Practic planorul se va desprinde singur de pe sol numai din cauza execesului de viteză în timp ce avionul va continua să ruleze pe roţi deoarece viteza necesară desprinderii avionului este mai mare ca viteza de desprindere a planorului.

c. palierul planorului

După desprindere viteza va creşte şi mai repede şi va fi necesar să presăm uşor de manşă pentru a elimina tendinţa planorului de a urca deasupra avionului.

Planorul va fi menţinut la o înălţime de 1-2 m deasupra avionului (dar nu mai sus de partea superioară a ampenajului vertical deoarece dacă planorul urca mai sus, îngreunează decolarea avionului sau chiar există pericolul ca acesta să atingă solul cu elicea), la orizontală şi în axul avionului.

Menţinerea la orizontală şi în axul avionului este obligatorie pe timpul palierului deoarece orice înclinare este urmată şi de o deviere laterală care forţează avionul să se abată în partea opusă.

După ce avionul s-a desprins de pe sol acesta va executa la rândul său un palier necesar creşterii de viteză.

Trebuie să specificăm că pentru pilotul planorist în tot timpul remorcajului avionul reprezintă reperul pe care îl are în vedere, iar aripile avionului constituie orizontul.

Deci, cu alte cuvinte, poziţia în remorcaj a planorului este de aşa natură ca să vedem avionul în poziţia corespunzătoare orizontului.

Dacă la decolare s-a folosit voletul, în timpul palierului avionului acesta se va închide împingând uşor şi lent comandă spre înainte şi siguranţând-o. Manevra trebuie terminată înainte de a atinge viteza maximă de zbor cu voletul scos (bracat).

d. urcarea şi luarea înălţimii în remorcaj

Remorcajul la avion se execută în permanentă urcare, zburând în linie dreaptă sau în viraj.

Până la o anumită înălţime (100 m în general) se va executa linie dreaptă. În cadrul acestei linii drepte urmărim ca să ne menţinem în axul avionului şi la o înălţime convenabilă pentru a vedea bine avionul şi în acelaşi timp să fim văzuţi de pilotul remorcher (vezi Fig. 11.17.).

Dacă avionul se vede proiectat pe cer deasupra orizontului (dacă suntem sub avion) se trage puţin de manşă pentru a urca la înălţimea avionului, iar când a ajuns pe orizont se revine cu manşa la mijloc (în poziţia neutră pentru a opri urcarea planorului).

În situaţia când avionul se vede proiectat pe cer sub linia orizontului (zbor deasupra avionului) se presează uşor de manşă pentru a opri urcarea planorului, după care, prin uşoare tatonări ale manşei în profunzime, se aduce planorul la acelaşi nivel cu avionul remorcher.

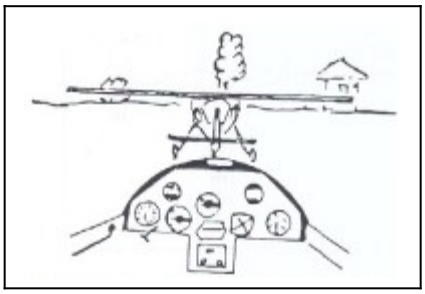


Fig. 11.17. Poziţia avionului în remorcaj

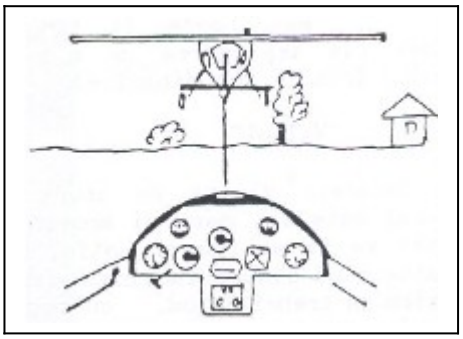


Fig. 11.18. Remorcaj sub avion

Dacă împingerea de manşă s-a făcut rapid, viteza planorului creşte repede, funia face *burtă* (se slăbeşte).

Această situaţie face ca în momentul următor viteza avionului să crească în timp ce viteza planorului să scadă deoarece nu mai este tras, funia se va întinde şi datorită diferenţelor de viteză dintre avion şi planor, se va produce o *smucitură* care poate duce la ruperea funiei.

Pentru a se evita smucitura se va presa de manşă pentru a mări viteza planorului (chiar dacă se ajunge mai jos decât avionul), şi după ce funia s-a întins vom reveni la înălţimea avionului.

Funia mai poate fi ţinută întinsă (la împingerea de manşă) folosind frânele aerodinamice).

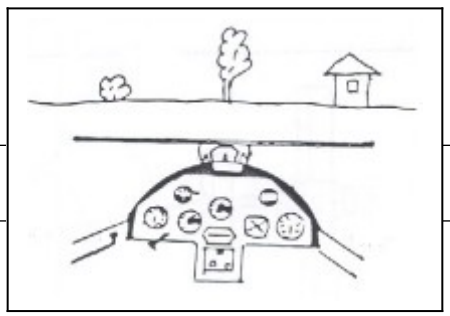


Fig. 11.19. Remorcaj deasupra avionului

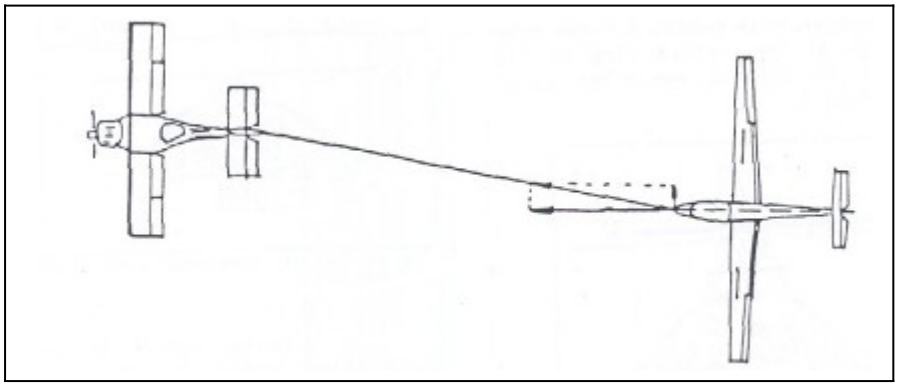


Fig. 11.20. Remorcaj dezaxat

d.1. "Valsul"

Deoarece viteza de zbor în remorcaj este mai mare şi momentul negativ va fi mai mare, astfel în situaţia când suntem înclinaţi faţă de avion va trebui ca odată cu manşa lateral să acţionăm şi palonierul în acea parte.

Acţionând insuficient palonierul sau acţionând numai cu manşa pentru a aduce planorul în aceeaşi poziţie (orizontală sau înclinată) cu avionul remorcher, momentul negativ va face ca planorul să intre în *vals*, (un balans în plan orizontal) trecând alternativ în dreapta şi în stânga avionului, fenomen care dacă nu este oprit la timp se accentuează în amplitudine şi pune ambele aeronave în situaţii periculoase.

Pentru oprirea valsului când planorul se găseşte deplasat lateral şi tinde să alunece către direcţia axei avionului se acţionează palonierul şi manşa lateral către exterior pentru a scoate planorul din înclinare. În urma comenzii date planorul se va găsi lateral faţă de avion, dar la orizontală.

Din această poziţie (laterală) se va slăbi uşor palonierul (sau se va acţiona uşor palonierul spre avion) până când planorul revine în axul avionului, apoi revenim cu comenzile în poziţia neutră. În acest timp vom avea grijă ca planorul să nu se mai încline.

Revenirea în axul avionului este ajutată şi de tracţiunea nesimetrică a funiei.

Pentru evitarea intrării în vals trebuiesc reţinute următoarele:
- planorul trebuie menţinut în permanenţă la orizontală sau cu o înclinare egală cu a avionului (chiar dacă suntem deplasaţi lateral);
- nu se revine pe traiectoria avionului înclinând, ci păstrând aceeaşi poziţie cu a avionului;
- nu se lucrează numai cu manşa ci cu ambele comenzi simultan, cu intensităţi proporţionale;
- se va acţiona fără întârziere la orice tendinţă a planorului de a se deplasa de pe traiectoria avionului.

d.2. Virajul în remorcaj de avion

În timpul remorcajului înclinarea avionului trebuie supravegheată tot timpul.

Deoarece ansamblul avion-planor zboară cu aceeaşi viteză, virajele vor trebui executate cu aceeaşi înclinare şi cu viteză de rotire identică.

Datorită faptului că tracţiunea cablului acţionează către interiorul virajului, va imprima planorului o viteză unghiulară mai mare, care va face ca planorul să alunece către interior (vezi Fig. 11.21.).

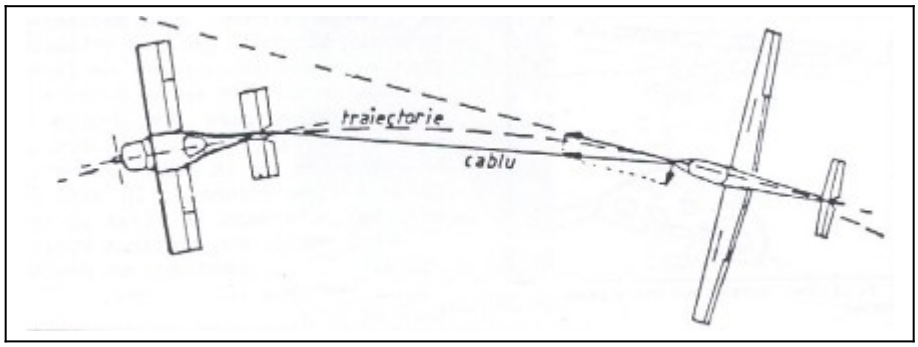


Fig. 11.21. Virajul în remorcaj de avion

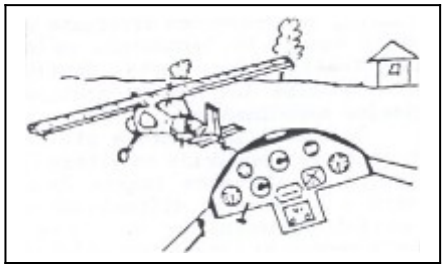


Fig. 11.22. Virajul corect în remorcaj

În timpul virajului va trebui ca botul planorului să fie îndreptat către exterior vizând eleronul avionului remorcher (axa longitudinală a planorului va fi tangentă la cercul traiectoriei descrise de avionul remorcher) (vezi Fig. 11.22.).

Intrarea în viraj se execută ca şi la virajul în zbor liber cu manşă şi palonier, având grijă să nu înclinăm planorul mai mult ca avionul, iar cu manşa în profunzime vom avea grijă să păstrăm aceeaşi poziţie a avionului faţă de orizont.

Scoaterea din viraj se va efectua ca şi în zborul liber având grijă să efectuăm această manevră în acelaşi timp cu avionul.

d.2.1. virajul derapat în remorcaj de avion apare atunci când se întârzie cu acţionarea comenzilor de intrare în viraj faţă de avion, sau când, în timpul menţinerii, înclinarea este mai mică decât a avionului remorcher (vezi Fig. 11.23.).

Corectarea se face înclinând mai mult planorul cu manşa şi palonierul pentru a reveni la traiectoria normală, presând în acelaşi timp de manşă până când vedem avionul în viraj pe orizont.

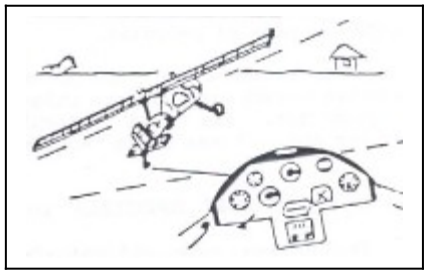


Fig. 11.23. Remorcaj cu viraj derapat

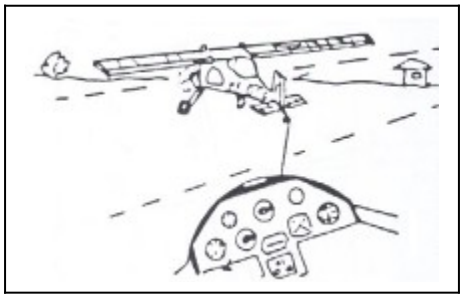


Fig. 11.24. Remorcaj cu viraj alunecat

d.2.2. virajul glisat în remorcaj de avion

O înclinare mai mare decât cea a avionului, sau prea mult palonier acţionat în partea virajului duce planorul la executarea unui viraj cu deplasare sper interior, de unde rezultă o alunecare pe aripă, respectiv o plasare a avionului peste orizont (planorul este sub avion).

Corectarea se face dând comenzi pentru a aduce planorul la o înclinare mai mică (care să devină egală cu cea a avionului), în acelaşi timp trăgând uşor de manşă pentru a urca la înălţimea avionului.

Planorului i se micşorează înclinarea ca şi la zborul liber, scoţând din manşă şi palonier.

e. declanşarea din remorcaj se va executa atunci când doreşte pilotul planorist, sau când avionul remorcher are probleme şi va înclina stânga-dreapta (balansa) planurile de câteva ori (trebuie să declanşaţi imediat în această situaţie).

De obicei această declanşare se execută în linie dreaptă, fiind plasaţi în axul avionului la înălţime corespunzătoare. După declanşare se continuă zborul în axul avionului până ne convingem că s-a declanşat (avionul remorcher se va depărta de planor), după care vom degaja în partea dorită. Înainte de degajare ne convingem că în zona respectivă nu sunt alte aeronave. În situaţia când se declanşeaza în viraj (pentru zborul termic), vom continua virajul şi, după ce ne convingem că declanşarea s-a realizat, vom continua tema de zbor.

Zborul remorcat la orizontală şi în coborâre se execută la fel ca şi zborul în urcare, cu diferenţa că vom fi atenţi în permanenţă să nu lăsăm funia să facă burtă. Aceasta se va menţine întinsă cu ajutorul frânelor aerodinamice.

La zborul în coborâre pilotul remorcher va avea grijă ca viteza de coborâre să fie mică (maxim 2 m/s) pentru a nu pune în dificultate pe planorist (planorul se accelerează foarte repede şi există pericolul de a nu mai putea ţine întinsă funia chiar cu frânele aerodinamice scoase).

12. Cazuri speciale în remorcajul de avion

Declanşarea este obligatorie în situaţiile în care:

- tracţiunea avionului încetează,
- s-a ajuns într-o poziţie din care avionul nu se mai vede şi în orice situaţie când
- ansamblul avion-planor este în imposibilitatea de a-şi continua zborul împreună.

Dacă tracţiunea încetează pe sol în timp ce avionul este în rulaj:

- se va declanşa,
- se va ateriza şi rula deviind uşor pe partea opusă avionului remorcher
- se va acţiona frâna pe roată.

Dacă tracţiunea a încetat până la 50 m înălţime, pilotul planorist

- va declanşa şi după stabilirea vitezei normale de zbor planat
- va proceda la aterizare în linie dreaptă cu devieri pentru evitarea eventualelor obstacole;

La o încetare a tracţiunii la peste 50 m înălţime:

- se va executa un viraj şi
- se va ateriza pe aerodrom cu vânt de spate. Acest lucru este posibil deoarece viteza de urcare în remorcaj este mai mare ca viteza de înfundare în zbor liber şi în acelaşi timp vântul de spate va mări fineţea de zbor.

Dacă înălţimea este mai mare, în momentul declanşării

- se va putea executa încă un viraj de 180° şi
- ateriza pe aerodrom cu vânt de faţă.

În situaţia când înălţimea de declanşare este suficient de mare pentru a putea ajunge la virajul 2 al turului de pistă cu înălţimea necesară (aprox. 250-200 m)
- este **obligatorie** executarea turului de pistă.

În situaţia blocării declanşatorului de la planor:
- funia va fi declanşată de la avion şi
- se va avea grijă să se execute o aterizare mai lungă pentru a nu agăţa funia de eventualele obstacole de la capătul aerodromului.

Dacă funia nu se va declanşa nici de la avion
- se va trece la executarea unei aterizări în coada avionului, efectuând un remorcaj în coborâre.

13. Apropierea finală şi aterizarea

După cum am văzut primul viraj în remorcaj de avion se execută la o înălţime de 100 m, la fel şi ultimul viraj în zbor liber se va executa tot la o înălţime de aprox. 100 m.

După executarea acestui viraj se va începe executarea liniei drepte în vederea aterizării.

Apropierea finală este faza zborului care pregăteşte aterizarea propriu-zisă şi se caracterizează prin:
- panta de apropiere;
- lungimea pantei de apropiere;
- un punct de atingere a solului de către panta de apropiere şi care este punctul vizat în timpul apropierii finale (vezi Fig. 13.25.).

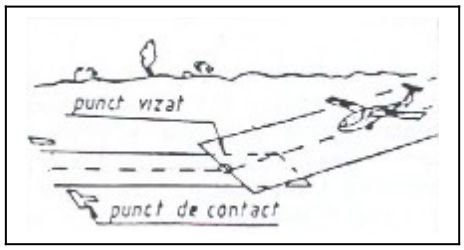


Fig. 13.25. Apropierea finală

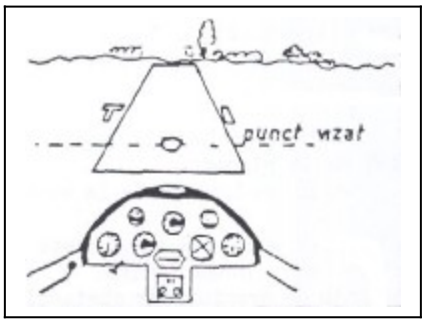


Fig. 13.26. Apropierea finală

Panta trebuie să fie suficient de lungă pentru a permite corectarea greşelilor înainte de aterizare.

Pentru toată apropierea, în condiţii normale este indicat să se utilizeze un dozaj mediu în frâna aerodinamică. Acest lucru este necesar pentru ca în situaţia când întâlnim o descendenţă să putem închide frâna aerodinamică pentru a păstra panta,

iar în situaţia când întâlnim o aescendenţă să putem scoate în continuare frâna aerodinamică pentru a depăşi zona ascendentă păstrând panta de apropiere.

Înaintea fiecărei aterizări pe care o veţi executa cu instructorul veţi vizualiza pe sol un punct care se află la cca. 50 m în spatele "T"-ului.

După executarea ultimului viraj se va scoate voletul (flapsul). Această manevră se execută menţinând panta normală şi acţionând comandă de scoatere a voletului, care apoi se va siguranţa.

*De menţionat că în situaţia în care, accidental, se ajunge la virajul 4 cu înălţime relativ mică faţă de distanţa până la **T** (aerodrom), intensitatea vântului este şi ea relativ mare şi, în plus avem şi descendenţe mari (deci o situaţie total dezavantajoasă), **nu se vor scoate nici voletul** (flapsul) **şi nici frâna aero-dinamică** - manevre care ar trebui executate după virajul 4 (vor fi scoase eventual mai târziu în cursul apropierii, dacă condiţiile dezavantajoase au dispărut; în acest caz aterizarea va deveni normală, la **T**), putându-se ajunge la o aterizare fără flaps şi fără frână.*

În continuare se presează de manşă până vedem în prelungirea traiectoriei punctul vizat (vezi Fig. 13.26.), aşteptăm să crească viteza până la valoarea vitezei pentru apropiere (la IS 28 B_2 este de 100 Km/h) sau în cazul când această viteză nu este specificată în manualul de zbor până la o viteză de zbor superioară cu 10% celei de pe panta normală.

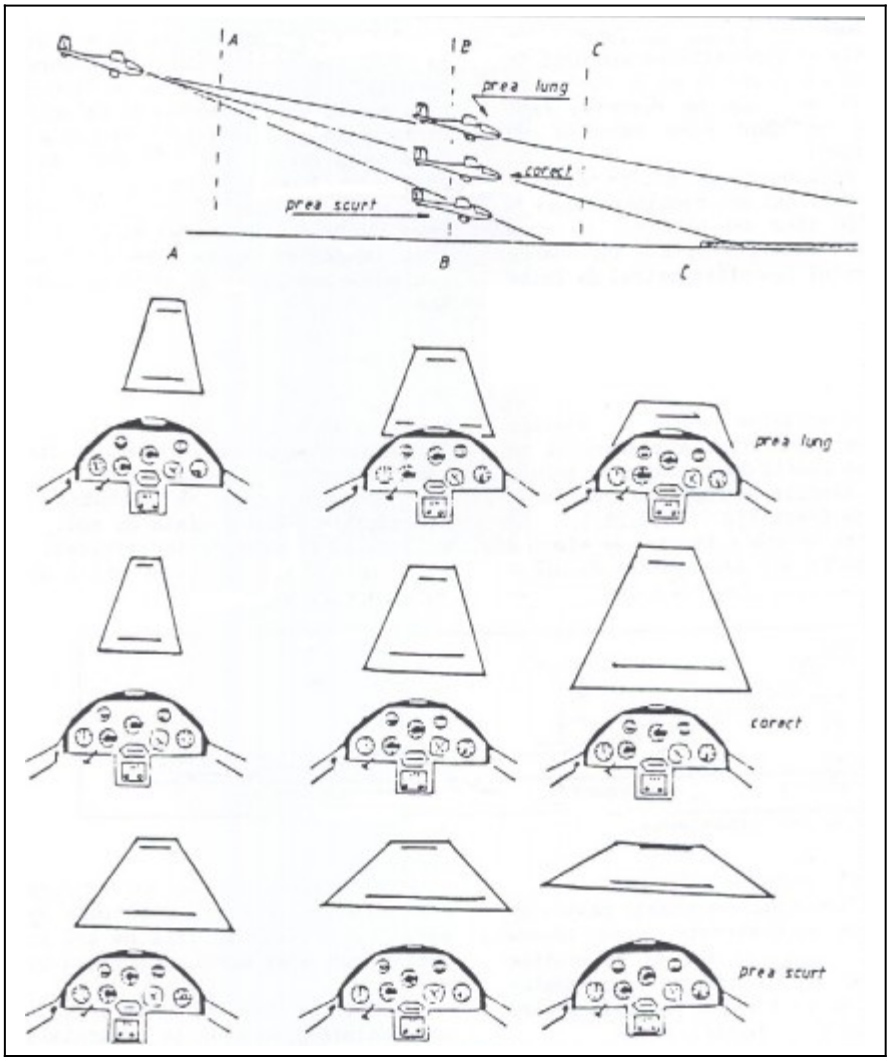


Fig. 13.27. Apropierea finală corectă şi greşită

Când s-a atins această viteză se scoate progresiv frâna aerodinamică până la poziţia la care viteza rămâne constantă.

În tot acest timp se păstrează panta, direcţia şi orizontala planorului.

Dacă totuşi din greşeală s-a scos o cantitate mai mare de frână decât era necesară, viteza va începe să scadă şi vom fi nevoiţi să închidem puţin frâna pentru a păstra viteza iniţială.

Orice variaţie de viteză pe panta de aterizare poate duce la o aterizare dificilă: prea scurtă la viteză mică sau prea lungă viteză mare.

Din experienţă s-a văzut că o viteză de apropiere cu 10% mai mare ca viteza optimă de apropiere va duce la o lungire a aterizării cu 100 m (vezi Fig. 13.27.).

Analizând Fig. 13.27, vom observa că apropierea se poate face prea lung, (deasupra pantei), corect (pe pantă) sau prea scurt (sub pantă).

Apariţia acestor cazuri de apropiere greşită este cauzată de aprecierea eronată a intensităţii vântului.

Astfel, dacă vântul este mai slab decât l-am apreciat, vom executa o aterizare lungă, iar dacă vântul este mai tare, vom executa o aterizare scurtă, cu toate că noi am păstrat tot timpul panta şi viteza constantă.

Corectarea acestor situaţii se realizează în felul următor:

- pe timpul apropierii finale observăm că punctul vizat se deplasează spre înapoi în raport cu carlinga (cabina), apoi trece sub botul planorului. Vom corecta împingând de manşă până când vedem iarăşi punctul vizat în prelungirea traiectoriei (aproximativ unde se vede orizontul pe panta normală de zbor) şi scoatem puţină frână aerodinamică pentru a păstra viteza constantă;
- pe timpul apropierii finale observăm că punctul vizat se deplasează spre orizont (în sus) în raport cu carlinga (noi zburăm sub pantă). Vom corecta închizând puţin din frâna aerodinamică (pentru a asigura un exces de viteză) şi apoi vom trage de manşă până când punctul vizat revine în poziţia iniţială faţă de carlingă.

Ar fi bine ca aceste manevre să se efectueze cât mai din timp, pentru că dacă se vor efectua în apropierea solului, din momentul închiderii frânelor şi până la accelerarea planorului trec câteva secunde timp în care planorul se apropie de sol (prin înfundare) şi vom efectua o aterizare filată foarte mult (datorită efectului de sol).

13.1. Apropierea cu vânt lateral

În afara faptului că la o apropiere cu vânt de faţă va trebui să mărim viteza de zbor pe panta de apropiere (să accentuăm panta de apropiere), în cazul vântului lateral planorul va fi deplasat de pe traiectoria sa creând o derivă şi îndepărtîndu-l de pe axa pistei de zbor.

Această derivă se corectează orientând planorul cu botul spre partea din care bate vântul, mai mult sau mai puţin în funcţie de direcţia şi intensitatea vântului în aşa fel ca planorul să se deplaseze faţă de sol tot pe direcţia axei pistei de zbor (axa careului de aterizare).

Acţionarea comenzilor pentru a zbura înclinat sau menţinerea direcţiei de zbor cu piciorul nu este indicată deoarece creşte înfundarea planorului iar vitezometrul dă indicaţii eronate (zburăm glisat).

Comenzile de derivă se vor da la fel ca şi comenzile necesare executării unei devieri de pe direcţie, adică se va da manşă şi palonier în partea din care bate vântul şi după ce planorul şi-a schimbat direcţia de zbor, (s-a introdus deriva), se aduce planorul la orizontală revenind cu manşa lateral şi palonierul în partea opusă după care se vor aduce comenzile în poziţie neutră.

13.2. Aterizarea

Aterizarea este o mişcare uniform încetinită a planorului în vederea luării contactului cu solul.

Aterizarea cuprinde următoarele faze (vezi Fig. 13.28.):

a. panta de coborâre care se efectuează în continuarea pantei de apropiere finală, până la o înălţime de aproximativ 6-4 m faţă de sol;
b. îndulcirea pantei care se realizează la 6-4 m înălţime;
c. redresarea care se execută la aproximativ 1-0,8 m faţă de sol;
d. filarea (palier de încetinire);
e. luarea contactului cu solul şi rulajul după aterizare.

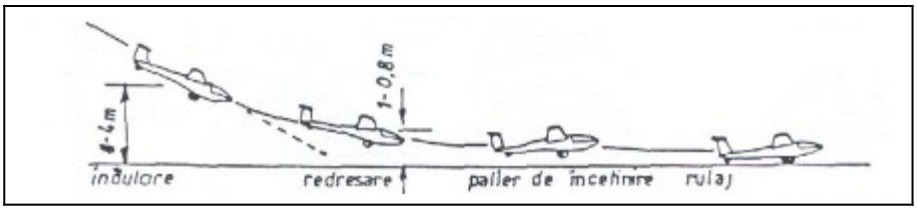


Fig. 13.28. Aterizarea

a. panta de coborâre

În timpul executării pantei de coborâre se urmăreşte în continuare punctul vizat de sus şi se menţine planorul pe direcţie şi la orizontală. În acest timp ne pregătim pentru executarea îndulcirii.

b. îndulcirea se realizează la **6-4 m** înălţime printr-o tragere uşoară şi progresivă de manşă până când planorul ajunge într-o pantă asemănătoare cu panta normală de zbor. În acest interval de timp planorul va coborî la o înălţime de aproximativ 1-0,8 m.

Odată cu această manevră vom muta privirea de la punctul vizat la un reper pe orizont (eventul automosorul). În tot acest timp se menţine planorul pe direcţie şi la orizontală.

c. redresarea se va executa când planorul a atins înălţimea de aproximativ **1-0,8 m** faţă de sol şi implică aducerea acestuia paralel cu solul.

Privind reprerul de la orizont şi menţinând planorul la orizontală şi pe direcţie, vom continua să tragem lent şi continuu de manşă şi când ne vom apropia de sol (cca. 0.2-0.1 m), vom începe:

d. filarea

Continuând tragerea lentă şi progresivă de manşă vom realiza o modificare a poziţiei planorului, aducându-l cu planul roţilor paralel cu solul, în acest timp viteza de zbor fiind în continuă scădere.

Dacă apare tendinţa planorului de a-şi mări înălţimea se va reduce tragerea de manşă, iar dacă apare tendinţa planorului de a-şi micşora prea repede înălţimea (acei cca.0.2-0.1 m), se va accentua tragerea de manşă.

e. contactul cu solul şi rulajul după aterizare

La efectuarea corectă a acestor manevre, planorul (planul roţilor) va fila paralel cu solul până se atinge unghiul i_{critic} (datorită tragerii continue de manşă), moment când portanţa scade brusc şi planorul va lua contact cu solul pe două puncte (roată şi bechie).

După luarea contactului cu solul se va executa rulajul pe sol în vederea scăderii vitezei de deplasare până la valoarea "0".

În tot timpul rulajului se menţine planorul la orizontală şi pe direcţie, lucrând cu manşa lateral şi cu palonierul. La această manevră vom fi ajutaţi de poziţia manşei în burtă.

După ce a mai scăzut viteza de rulaj se va acţiona frâna pe roată.

Cu aceasta zborul a luat sfârşit dar mai aveţi rensponsabilitatea degajării pistei de aterizare, transportând planorul pe linia de aşteptare.

Greşeli caracteristice:

- executarea îndulcirii prea devreme duce la o pierdere de viteză prea rapidă şi la o *aterizare placată*.

Se corectează împingând uşor de manşă şi eventual băgând (închizând) puţină frână aerodinamică;

- executarea îndulcirii prea jos duce la atingerea solului cu *roata* şi în viteză.

Dacă în momentul contactului cu solul se trage de manşă brusc, vom da *bont* (acesta reprezintă o desprindere bruscă de pe sol) (vezi Fig. 13.29).

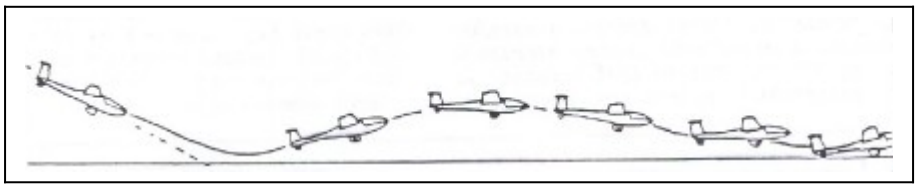


Fig. 13.29. Bontul la aterizare

Corectare:

- la un *bont mic* se recomandă să nu se mai lucreze cu manşa în profunzime, în acest caz se aşteaptă să luăm din nou contact cu solul, după care
- se va trage lent de manşă în timp ce planorul rulează.
- la un *bont mare* se va presa puţin manşă pentru a opri urcarea planorului (la nevoie se va închide şi frâna aerodinamică), după care

- se executa o nouă redresare, trăgând manşa spre înapoi mai lent sau mai repede funcţie de înfundarea planorului.

13.3. Aterizarea cu vânt lateral

Dacă în timpul apropierii finale am avut derivă, este necesar ca în momentul când planorul începe să fileze (după redresare) să se aducă planorul în axa traiectoriei faţă de sol, prin acţionarea palonierului.

Acţionarea manşei va fi necesară când apare tendinţa de înclinare a planorului. Se va avea grijă ca aterizarea să se facă pe 2 puncte pentru că altfel planorul se va roti cu botul în vânt (acţionează vântul pe ampenajul vertical).

Această tendinţă de rotire va fi anulată şi prin acţionarea palonierului în partea opusă vântului şi înclinând puţin planorul în partea de unde bate vântul.

14. Turul de pistă

Este un zbor de instrucţie executat deasupra aerodromului, care conţine toate elementele de pilotaj: decolarea, luarea înălţimii în remorcaj, declanşarea, zborul liber (linie dreaptă, viraje), priza de aterizare şi aterizarea şi se notează prescurtat **TP**.

Turul de pistă poate fi executat cu planorul folosind ca mijloace de lansare automosorul sau avionul.

Diferenţa dintre cele 2 metode constă în faptul că în cazul remorcajului la avion se poate urca până la ce înălţime dorim (conform temei de executat) în timp ce în cazul remorcajului la automosor nu se poate urca decât până la cca. 200-300 m.

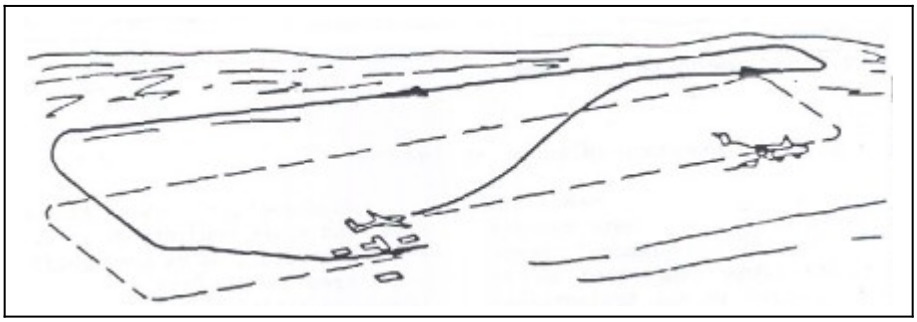


Fig. 14.30. T.P. din 4 viraje de 90^0

Funcţie de înălţimea obţinută în remorcaj, se poate executa:

a. TP alcătuit din 4 viraje de 90^o;
b. TP alcătuit din 2 viraje de 180^o
c. TP alcătuit din 2 viraje de 90^o şi 1 de 180^o;
d. TP alcătuit din 1 viraj de 180^o şi 2 viraje de 90^o;

Întrucât *modul de executare a decolării, liniei drepte, a virajului, a apropierii pentru aterizare şi a aterizării au fost învăţate la paragrafele anterioare* urmează să învăţăm modul cum se leagă aceste elemente între ele pentru a putea executa un TP corect.

Turul de pistă începe practic din momentul când planorul este adus cu aripile la orizontală şi a început să ruleze pe sol.

Remorcajul se execută aşa cum am învăţat la paragraful T.9.

După declanşare, în funcţie de înălţimea obţinută (câştigată) în timpul remorcajului se va merge în linie dreaptă până la stabilirea pantei şi a vitezi normale de zbor.

Dacă după declanşare nu suntem pe direcţia de decolare (am deviat în remorcaj), vom executa şi revenirea pe direcţie în timp ce stabilizăm panta de zbor.

În continuare funcţie de:
- înălţimea obţinută (câştigată) în timpul remorcajului;
- intensitatea vântului şi
- tipul planorului pe care zburăm, ne vom hotărî dacă primul viraj pe care îl executăm va fi de 90° sau de 180°.

a. TP alcătuit din 4 viraje de 90° (vezi Fig. 14.30) se va executa când planorul a obţinut o înălţime relativ mare (250 m) în timpul remorcajului.

După declanşare se va merge câteva secunde în linie dreaptă (cu cât înălţimea este mai mare se va merge mai mult în linie dreaptă), apoi se va executa un viraj de 90° pe partea pe care dorim.

Virajul se va executa aşa cum am învăţat la pct. 8.2.

Scoaterea din viraj se va executa pe reperul ales, apoi vom executa zbor în linie dreaptă pe prima latură a turului de pistă (latura mică a TP).

Virajul 2 se va executa de aşa natură ca linia dreaptă care urmează (latura mare a turului de pistă) să se execute la distanţă faţă de careul de aterizare, distanţă care să permită executarea prizei de aterizare şi apropierea finală corect.

Se recomandă ca această distanţă (depărtare) să fie apreciată ca fiind estimativ egală cu viitoarea pantă de aterizare (egală cu lungimea pantei de apropiere finală).

O distanţă mică va reduce latura mică, deci se reduc posibilităţile de corectare a pantei de aterizare, în timp ce o distanţă mare este în detrimentul preciziei şi siguranţei (sosirea sub un unghi prea mic şi aprecierea dificilă a unghiurilor la aterizare).

În timp ce executaţi latura mare a turului de pistă trebuie să:
- urmăriţi şi să supravegheaţi celelalte planoare şi avioane aflate în zbor (eventual cele din TP);
- executaţi linia dreaptă pe reperul ales pentru ca traiectoria planorului pe sol să fie paralelă cu direcţia de decolare (cu latura mare a T-ului). Acest lucru este necesar

pentru ca virajul 3 să se execute ca şi virajul 2 la aceeaşi distanţă faţă de direcţia de decolare-aterizare.

Dacă virajul 3 se execută prea departe, vom fi prea jos, iar dacă ne apropiem de şart nu vom mai putea executa latura mică în mod corect.

- scoateţi trenul de aterizare înainte de virajul 3 (dacă l-aţi escamotat), să-l siguranţaţi şi să comunicaţi conducătorului de zbor (prin radio) acest lucru;
- pe latura mare fiind, după ce am trecut de prima jumătate a acesteia, vom începe ca în paralel cu executarea liniei drepte să urmărim şi **T**-ul pentru a putea aprecia momentul începerii virajului de priză (virajul 3). Acest viraj se numeşte şi *virajul de priză* pentru că este hotărâtor pentru corectitudinea aterizării.

Nu se pot da reţete precise privind momentul în care se va executa acest viraj, deoarece acest lucru depinde de tipul planorului, vânt, mişcările verticale ale atmosferei, înălţimea la care ne aflăm în momentul respectiv şi de distanţa faţă de **T**.

Totuşi, pe măsură ce vom executa zboruri în tur de pistă instructorul vă va arăta la fiecare zbor când se va executa acest viraj şi odată cu învăţarea elementelor de zbor veţi aprecia şi momentul executării prizei de aterizare.

Ca o recomandăre generală pentru timp calm virajul de priză se va executa în momentul când privind spre **T** (ştart) ne aflăm la o înălţime de aproximativ 30° faţă de **T** (unghiul format de dreapta ce uneşte planorul la virajul 3 cu ştartul şi orizontala ştartului).

Totodată se recomandă ca virajul 3 să fie un viraj larg cu înclinare maximă de 30° pentru a permite executarea eventualelor corecţii de priză.

Aceste corecţii se execută în felul următor:

- dacă executăm virajul 3 prea devreme, avem timp ca în viraj să observăm acest lucru şi vom putea scoate din viraj mai devreme (executăm un viraj mai mic de 90°), lucru care va permite ca pe latura mică să ne depărtăm de **T**;
- dacă executăm virajul 3 prea târziu, vom scoate din viraj mai tirziu, fapt ce va pemite ca pe latura mică să ne apropiem de ştart.

Aceste corecţii de priză ne permit să executăm virajul 4 la o înălţime de la care să executăm o apropiere pentru aterizare corectă.

În cadrul zborurilor pe care le executăm noi vom căuta ca să învăţăm să executăm virajul de priză corect pentru ca latura mică ce urmează să fie executată paralel cu latura mică a **T**-ului, perpendicular pe direcţia de decolare-aterizare).

Virajul 4 se va începe cu cca. 20-10° înainte de a ajunge pe direcţia de aterizare. Acest lucru este necesar pentru ca scoaterea din viraj să se execute când am ajuns pe direcţia de aterizare.

Astfel dacă dorim ca virajul 4 să fie un viraj mai larg vom da comandă de intrare în viraj când mai avem cca. 20° faţă de direcţia de aterizare. Dacă înălţimea este prea mare pe latura mică se pot folosi frânele aerodinamice pentru ca la virajul 4 să ajungem cu înălţimea corespunzătoare unei apropieri finale corecte.

După ce s-a executat şi ultimul viraj, funcţie de înălţimea pe care o avem, se va pune planorul în procedura de apropiere imediat, sau dacă înălţimea este mică, se va continua zborul în panta normală până când înălţimea este cea necesară

executării unei apropieri finale corecte, când se va intra în procedura de apropiere pentru aterizare.

b. Turul de pistă alcătuit din 2 viraje de 180° se va executa când înălţimea de declanşare este mică şi nu permite executarea a 4 viraje de 90° (vezi Fig. 14.31).

Astfel în cadrul acestui tur de pistă virajele 1 şi 2 de 90° se vor executa unul în continuarea celuilalt, formând un viraj de 180°.

Virajul se executa larg (cu înclinare mică) pentru ca latura mare a turului de pistă să nu fie prea aproape de direcţia de decolare-aterizare.

Acest lucru este necesar pentru a putea aprecia corect virajul al doilea de 180° care acum este virajul de priză.

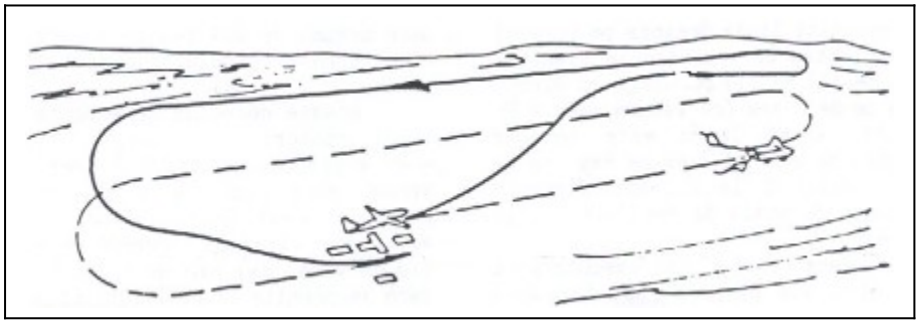


Fig. 14.31. T.P. din 2 viraje de 180°

Al doilea viraj de 180° (care este în acelaşi timp şi virajul de priză şi virajul 4), se va executa ca şi primul, larg, pentru ca pe parcursul rotirii să putem face eventulalele corecţii necesare pentru ca scoaterea din viraj să se execute pe direcţia de aterizare.

Nici în această situaţie nu se pot da reţete privind momentul când se începe virajul al doilea (virajul de priză), dar şi în cazul acestui tur de pistă sunt valabile recomandările de la punctul a.

c. Turul de pistă alcătuit din 2 viraje de 90° şi unul de 180°

Acest tur de pistă se execută atunci când la declanşare vom avea înălţimea necesară executării unui tur de pistă format din 4 viraje de 90° dar pe parcurs vom întâlni una din situaţiile următoare:

- descendenţă mare pe latura mare a turului de pistă, care ne va obliga să ne apropiem de aerodrom şi la virajul de priză vom fi nevoiţi să executăm un viraj de 180°;

- linia dreaptă nu a fost executată corect (în special în faza de început) şi la virajul de priză suntem prea aproape de direcţia de aterizare, fapt ce ne obligă să executăm un singur viraj de 180°;
- vânt lateral pe latura mare şi nu ţinem cont că acesta ne va deplasa spre **T**, astfel că la virajul de priză suntem, faţă de direcţia de aterizare, la o depărtare corespunzătoare unui viraj de 180°.

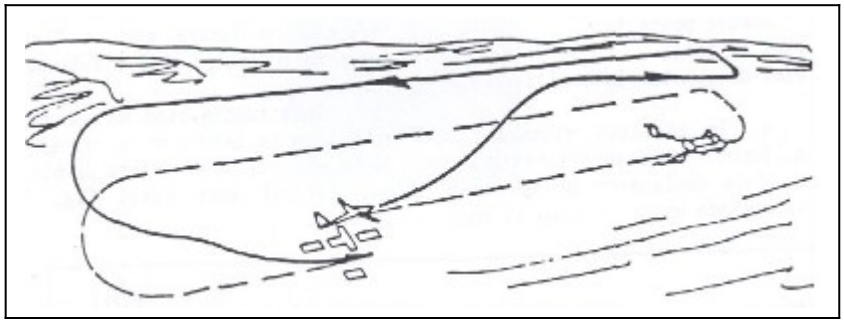


Fig. 14.32. Turul de pistă alcătuit din 2 viraje de 90° şi unul de 180°

d. Turul de pistă alcătuit dintr-un viraj de 180° şi 2 viraje de 90°

Acest tur de pistă se executa atunci când la declanşare avem înălţime relativ mică şi ne propunem să executăm un tur de pistă format din 2 viraje de 180°, dar pe parcurs ne întâlnim cu una din următoarele situaţii:
- pe latura mare întâlnim ascendenţă fapt care ne va obliga să ne depărtăm de direcţia de decolare-aterizare; în consecinţă ne vom afla în zona virajului de priză la o distanţă şi înălţime corespunzătoare executării a 2 viraje de 90°;
- vânt lateral care pe latura mare ne va depărta de **T** (dacă nu zburăm cu derivă) permiţându-ne în continuare să executăm 2 viraje de 90° pentru a executa o aterizare corectă;
- linia dreaptă pe latura mare a fost executată greşit, botul planorului nefiind menţinut pe reperul ales şi în loc să ne deplasăm paralel cu direcţia de decolare-aterizare, ne depărtăm faţă de aceasta, ajungând în zona virajului de priză la depărtarea corespunzătoare executării a 2 viraje de 90°.

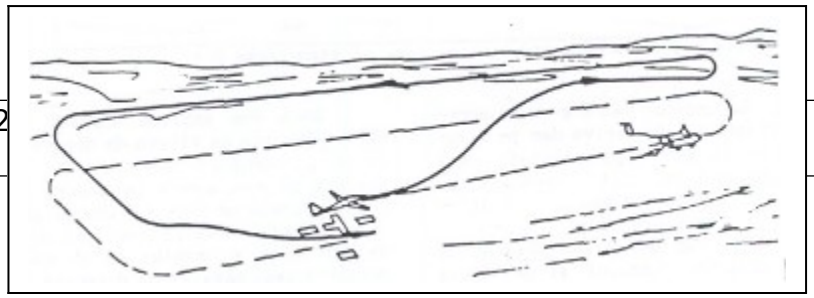


Fig. 14.33. Turul de pistă alcătuit dintr-un viraj de 180° şi 2 viraje de 90°

14.1. Influenţa vântului la executarea turului de pistă

Până acum am învăţat cum se execută un tur de pistă pe timp calm (vânt nul) dar în realitate în cele mai multe zboruri, asupra planorului va acţiona şi vântul.

Acesta poate fi:

a. vânt de faţă;
b. vânt de coastă (lateral);

a. În situaţia **vântului de faţă**, funcţie de intensitatea acestuia, după declanşare se merge în linie dreaptă mai mult timp şi apoi vom executa primul viraj de 90° care practic este mai mic pentru a putea introduce unghiul de derivă. Acest lucru este necesar pentru ca traiectoria pe sol a planorului să fie paralelă cu latura mică a **T**-ului (perpendiculară pe direcţia de decolare).

În situaţia când nu vom zbura cu derivă pe latura mică, virajul 2 se va executa în apropiere de mijlocul laturei mari (vezi Fig. 14.34).

La început va fi greu să apreciaţi unghiul de derivă dar pe măsură ce învăţaţi să pilotaţi veţi învăţa să-l apreciaţi, acesta fiind necesar eliminării deplasării laterale datorate vântului.

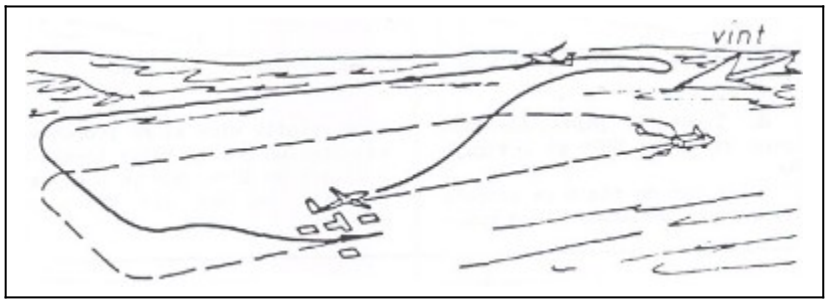


Fig. 14.34. Influenţa vântului de faţă la executarea T.P.

Unghiul de derivă depinde de intensitatea vântului şi de viteza planorului. Astfel cu cât vântul este mai puternic cu atât unghiul de derivă va fi mai mare. La fel cu cât componenta laterală a vântului va fi mai mare şi deriva necesară va fi mai mare.

Dacă vom analiza unghiul de derivă funcţie de viteza de deplasare a planorului, vom observa că aceasta se micşorează pe măsură ce creşte viteza de zbor a planorului.

Virajul 2 va fi ceva mai mult de 90° (90° + unghiul de derivă) pentru a ieşi paralel cu direcţia de decolare.

De data aceasta latura mare va fi parcursă într-un timp ceva mai mic deoarece avem vânt de coadă care măreşte viteza de deplasare a planorului faţă de sol.

De asemenea şi virajul 3 (virajul de priză) va fi executat ceva mai devreme pentru a avea o rezervă de înălţime la aterizare. Virajul de priză va fi ceva mai mare de 90° (90° + unghiul de derivă) pentru ca pe latura mică să ne putem deplasa tot paralel cu latura mică a **T**-ului (perpendicular pe direcţia de aterizare).

Pe latura mică ne vom deplasa cu un unghi de derivă pentru a anula tendinţa vântului de a ne depărta de ştart.

După ce executăm virajul 4 vom împinge de manşă, vom aştepta să crească viteza de zbor ceva mai mult decât cea necesară pe timp calm şi apoi vom scoate frâna aerodinamică pentru a menţine viteza constantă.

Îndulcirea şi redresarea se vor executa ceva mai jos faţă de aterizarea pe timp calm deoarece există tendinţa ca viteza faţă de sol să scadă mai repede datorită vântului de faţă.

b. Când avem **vânt lateral** vom zbura ca în situaţia vântului de faţă, cu diferenţa că vom fi nevoiţi să introducem unghiul de derivă pe toate laturile turului de pistă.

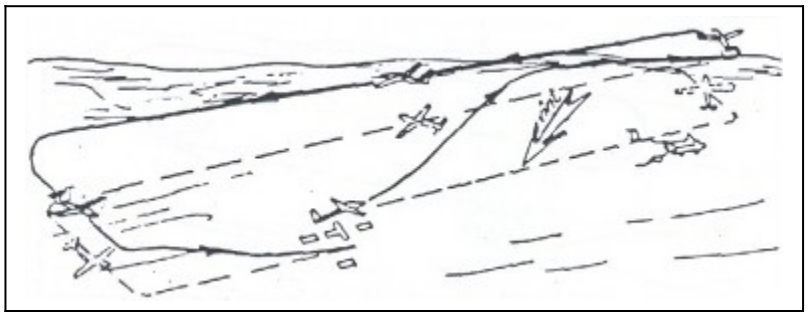


Fig. 14.35. Influenţa vântului lateral la executarea T.P.

Astfel, la decolare vom merge cu botul în vânt pentru ca pe timpul remorcajului să nu ne deplasăm de pe axul culoarului de decolare.

Dacă componenta laterală a vântului este mare se va putea executa remorcajul şi uşor înclinaţi în vânt.

După declanşare se va pune planorul cu botul pe direcţia normală de decolare, după care se va executa primul viraj.

Pe latura mică se va avea grijă ca unghiul de derivă să fie luat funcţie de intensitatea componentei de faţă a vântului.

Pe latura mare a turului de pistă va acţiona iarăşi componenta laterală a vântului şi va avea tendinţa să ne deplaseze (să ne depărteze sau să ne apropie) faţă de direcţia de decolare-aterizare. Din acest motiv şi acum trebuie să introducem un unghi de derivă (să fim cu botul în vânt) pentru ca traiectoria pe sol să fie paralelă cu direcţia de decolare-aterizare. Şi în acest caz virajul de priză se va executa ceva mai devreme pentru a avea o rezervă de înălţime la apropierea finală.

Pe latura mică va acţiona componenta de faţă a vântului şi în felul acesta vom fi nevoiţi să introducem iarăşi unghiul de derivă. Şi aici, în cazul apropierii finale vom avea un unghi de derivă pentru a elimina tendinţa de deplasare datorită acţiunii componentei laterale a vântului.

Această derivă se va scoate (elimina) când executăm rederesarea pentrua nu ateriza derapat.

Dacă în timpul zborului deplasarea laterală se sesizează mai greu pe măsură ce ne apropiem de sol aceasta se va observa mai bine. În felul acesta vom observa că unghiul de derivă ales este corect sau nu.

Putem considera că am învăţat să alegem unghiul de derivă necesar atunci când traiectoria planorului este paralelă cu axa culoarului de decolare-aterizare.

14.2. Executarea virajelor de 360° în turul de pistă

Virajele de 360° în turul de pistă se execută cu scopul de a învăţa să executăm spirale corect. În felul acesta ne pregătim pentru a executa zboruri termice, zboruri care ne vor ajuta să obţinem performanţe în activitatea viitoare.

În cadrul acestor viraje urmărim finisarea tehnicii de pilotaj la intrarea în viraj, menţinerea virajului cu pantă şi înclinare constantă şi la scoaterea din viraj pe direcţia dorită.

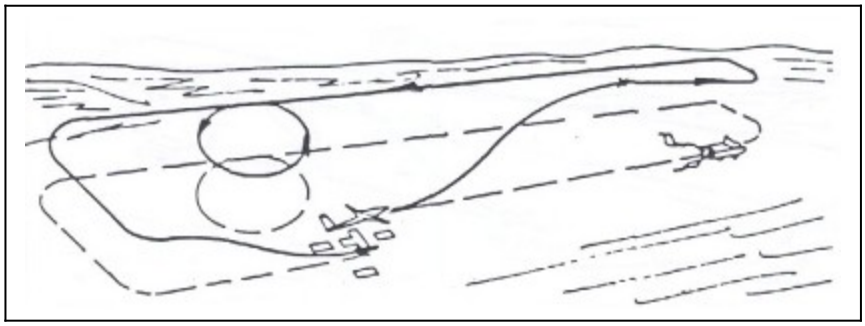


Fig. 14.36. Spirala în T.P.

14.3. Executarea turului de pistă cu *S* alungit

S alungit este o evoluţie care se execută din turul de pistă deasupra aerodromului fiind compusă din 2 viraje de 220°.

Astfel primul viraj nu va mai fi de 180° ci va fi de 220° pentru a traversa aerodromul în diagonală, iar al doilea viraj se va executa tot de 220° pe partea cealaltă a aerodromului cu venire la aterizare din această parte.

Acest **S** se mai poate executa şi în cazul turului de pistă format din 4 viraje de 90°. De pe latura mare se va traversa aerodromul pe diagonală şi vom scoate în apropiere de virajul 3, apoi vom executa priza de aterizare şi aterizarea din partea respectivă.

Scopul temei este de a ne familiariza cu topografia terenului, de a ne obişnui cu schimbarea de pe o parte pe alta a virajului şi de a putea aprecia priza de aterizare în diferite situaţii de zbor.

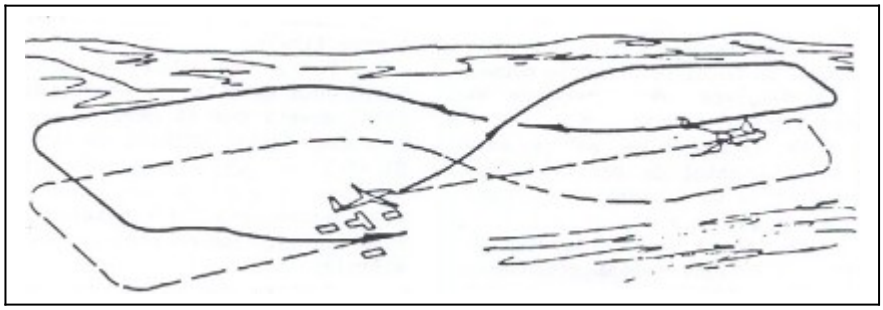


Fig. 14.37. "S"-ul alungit

15. Lucrul în zonă

În situaţia când remorcajul se execută la avion declanşarea se va realiza la verticala aerodromului la o anumită înălţime (400-1200 m) funcţie de tema pe care o avem de executat.

După declanşare ne vom deplasa în zona stabilită unde vom executa linii drepte, viraje, spirale, etc..

Când ne apropiem de înălţimea de 250 m ne vom deplasa pentru intrare în TP în dreptul virajului 2.

16. Tur de pistă din remorcaj de avion

În situaţia decolării în remorcaj de avion după declanşarea şi executarea temei stabilite, la înălţimea de 250 m vom intra în TP în dreptul virajului 2.

În continuare turul de pistă se va executa cum am învăţat în cadrul punctelor anterioare (tur de pistă în remorcaj de automosor).

17. Executarea zborului în simplă comandă

Practic cu această temă se face primul pas în vederea obţinerii brevetului de pilot planorist.

Zborul în simplă comandă se va executa atunci când instructorul apreciază că dvs. aţi învăţat toate elementele zborului şi le executaţi în mod corect.

Zborul în simplă comandă se execută la fel ca şi zborul în dublă comandă preocupându-ne în continuare de perfecţionarea tehnicii de pilotaj.

La primele zboruri în simplă comandă vom avea grijă să punem compensatorul pe o poziţie mai în faţă (picaj) faţă de cum am fost obişnuiţi la zborul în dublă comandă. Acest lucru este necesar deoarece planorul acum este mai uşor (lipseşte instructorul). În felul acesta vom elimina orice tendinţă de cabraj a planorului.

Desigur emoţii vor fi dar pe măsură ce planorul urcă în remorcaj acestea vor dispare, noi fiind preocupaţi de executarea zborului cât mai corect posibil.

Şi acum *SUCCES !*

18. Particularităţi privind tehnica pilotajului la planorul IS 28 B_2

În continuare vom studia particularităţile privind tehnica pilotajului la planorul de dublă comandă IS-28 B_2 pentru următoarele situaţii de zbor:

a. decolare în remorcaj de avion;
b. decolare în remorcaj de automosor;
c. zborul liber;
d. apropierea finală pentru aterizare;
e. aterizarea;
f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral;
g. zborul în nori;
h. părăsirea planorului în caz de urgenţă;
i. aterizarea cu trenul escamotat;
j. scoaterea din vrie;

a. decolarea planorului în remorcaj de avion

Clanşarea cablului în acest caz se va executa la clanşatorul din bot.

Manşa şi palonierul se ţin în poziţie neutră, iar compensatorul trecut de poziţia de mijloc spre picaj.

În timpul rulajului pentru decolare se va asigura menţinerea orizontalităţii aripilor cu ajutorul manşei lateral şi a direcţiei cu ajutorul palonierului.

După ridicarea bechiei şi accelerarea la viteza de cca. 70 Km/h, ajutat prin uşoara tragere de manşă, planorul se va desprinde singur.

După dezlipire se va menţine poziţia corectă în spatele avionului remorcher şi odată cu intrarea acestuia în regim constant de urcare se corectează poziţia

compensatorului pentru a elimina efortul de pe manşă, apoi se poate escamota trenul de aterizare.

Viteza optimă în remorcaj este de 110-115 Km/h, la care comenzile au o bună eficacitate.

Dacă din diferite motive viteza de remorcaj scade sub 100 Km/k, mai ales pe panta de urcare, se va deschide voletul pe poziţia 1 (+5°).

La declanşare mânerul declanşatorului va fi acţionat până la capătul de cursă iar pilotul va degaja după ce s-a asigurat de declanşare.

b. decolarea în remorcaj de automosor se efectuează cu cablul clanşat la declanşatorul de burtă (din spate).

În vederea decolării, comenzile (manşa şi palonierul) se vor afla în poziţia neutră, compensatorul la mijloc (aproximativ poziţia "0°"), iar voletul se va braca în poziţia +2 (bracaj 10°) pentru a asigura o dezlipire rapidă.

La începutul rulajului se menţine poziţia orizontală a fuselajului împingând uşor de manşă.

După dezlipire (65-70 Km/h) se menţine planorul în aceeaşi poziţie orizontală până când viteza creşte la 80-85 Km/h după care se revine cu manşa spre mijloc, imprimându-se planorului o pantă accentuată de urcare.

Viteza optimă în timpul urcării este de 100 Km/h. La atingerea unghiului de cca. 75° faţă de automosor, declanşarea se produce automat.

Acţionarea comenzii declanşatorului (mâner galben) prin tracţiune până la capătul cursei permite declanşarea comandată în orice moment al lansării.

c. în zborul liber, planorul IS 28-B_2 are o bună maniabilitate chiar şi la viteze mici, în apropierea vitezei limită.

Angajarea planorului este avertizată prin trepidaje, cu cca. 2 Km/h înainte de atingerea vitezei limită (vitezei de angajare).

La angajarea în linie dreaptă nu apar tendinţe de vrie necontrolabilă.

Chiar şi în viraje înclinate, angajarea nu are aspect periculos, pilotul recăpătând imediat controlul prin uşoara slăbire a manşei.

Fineţea maximă se obţine la o viteză de 94 Km/h în simplă comandă şi 100 Km/h în dublă comandă.

Viteza minimă de înfundare se obţine la 80 Km/h în simplă comandă şi 85 Km/h în dublă comandă.

Pentru obţinerea unor raze de spiralare mai mici se pot utiliza voleţii în poziţiile +1 (bracaj +5°) sau +2 (bracaj +10°).

La zborul rapid între ascendenţe (la salt) poziţia negativă a voletului poate fi exploatată cu randament la viteze peste 160 Km/h.

d. apropierea finală pentru aterizare

Pentru a se executa apropierea finală se va avea grijă ca înainte de virajul 3 să se scoată trenul de aterizare.

Pentru scoaterea trenului de aterizare se exercită asupra manetei o presiune spre înainte pentru a uşura deblocarea, se dezăvoreşte apăsând pe buton şi apoi se trage maneta spre înapoi până când se aude zgomotul de zăvor în poziţia închis.

Se verifică blocarea prin mişcări uşoare ale manetei înainte şi înapoi.

Aterizarea se poate efectua chiar dacă s-a uitat scoaterea trenului.

După punerea trenului pe direcţia de aterizare se brachează voletul în poziţia +3 (bracaj +15º).

Viteza optimă de apropiere cu frâna complet scoasă este de 100 Km/h iar viteza minimă pe panta de apropiere este 85 Km/h. Şi în această configuraţie de zbor efortul pe manşă se poate elimina prin acţionarea compensatorului.

e. În vederea **aterizării** îndulcirea se va executa la aproximativ 5 m faţă de sol iar redresarea la cca. 0,5 m faţă de sol. În aceste condiţii se asigură o scădere a vitezei de zbor de aşa natură că viteza de contact cu solul să aibă valoarea de 65 Km/h.

În timpul rulajului se deschide complet frâna arodinamică. Trăgând în continuare de maneta frânei aerodinamice se acţionează frâna pe roată care va permite scurtarea rulajului.

f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral

Planorul este capabil să decoleze şi să aterizeze, fără a pune probleme deosebite de pilotaj chiar şi la componente laterale ale vântului ce depăşesc 6 m/s.

Din toate metodele recomandate în tehnica de pilotaj, menţinerea coborâtă a aripii dinspre vânt asigură totuşi cel mai bun control.

g. zborul în nori

Planorul este admis să execute zbor în nori dacă nu contravine reglementărilor naţionale şi dacă este echipat cu următoarele aparate:
- vitezometru;
- indicator de viraj şi glisadă (giroclinometru);
- altimetru;
- busolă.

În timpul zborului în nori se vor evita zonele de givraj, turbulenţe excesive şi grindină.

Dacă în timpul zborului în nori se pierde controlul planorului, se defectează indicatorul de viraj sau vitezomentrul, se va părăsi cât mai repede norul.

În aceste situaţii pilotul va aduce toate comenzile la mijloc, manşa uşor picată şi va deschide complet frânele aerodinamice. Această manevră va aduce planorul aproximativ într-un zbor de coborâre în linie dreaptă fără exces mare de viteză şi uşurează părăsirea norului în limite de securitate.

h. Părăsirea planorului în caz de urgenţă

Când situaţia impune părăsirea planorului în zbor, largarea cupolei se execută în felul următor:
- se împing simultan spre înainte maneta de deschidere a cabinei aflată în partea stângă şi maneta de largare a cabinei (de culoare roşie) aşezată în mod simetric pe partea dreaptă;
- se împinge de capotă în sus pentru ca aceasta să fie luată de curent. Inelul de prindere a cablului de limitare a deschiderii cabinei cedează şi cabina se desprinde;
- pilotul îşi desface centurile şi părăseşte cabina în funcţie de poziţia şi evoluţia planorului.

i. aterizarea cu trenul escamotat

În cazul în care trenul de aterizare nu poate fi scos pilotul poate ateriza în condiţii bune deoarece roata fiind semiescamotată asigură garda necesară rulării pe sol.

Întrucât în poziţia escamotată, amortizorul este scos din funcţiune, pilotul va căuta să aterizeze pe un teren cât mai bun şi cu viteza minimă posibilă.

Se recomandă:
- aterizarea cu volet în poziţia +3 (bracaj +15°);
- viteza de apropiere = 85 Km/h;
- redresare = cât mai jos posibil;
- viteza de contact = aproximativ 65 Km/h.

j. scoaterea din vrie

În urma unor greşeli de pilotaj planorul poate intra în vrie.

În acest caz pilotul va acţiona palonierul în sens invers rotirii, va aduce manşa la mijloc şi uşor spre picaj.

După oprirea rotirii se va redresa planorul prin tragere uşoară de manşă.

Pierderea de înălţime la un tur de vrie este de aproximativ 80-90 m. Viteza la ieşirea din vrie este de aproximativ 150-160 Km/h.

19. Particularităţi privind tehnica pilotajului la planorul IS 29 D_2

În continuare vom studia particularităţile privind tehnica pilotajului la planorul IS 29 D2 pentru următoarele situaţii de zbor:

a. decolare în remorcaj de avion;
b. decolare în remorcaj de automosor;
c. zborul liber;
d. apropierea finală pentru aterizare;
e. aterizarea;
f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral;
g. zborul în nori;
h. redresarea din deep-stall;
i. aterizarea cu trenul escamotat;
j. scoaterea din vrie;
k. părăsirea planorului în caz de urgenţă;

a. decolarea în remorcaj de avion

În vederea decolării, după ce planorul a fost controlat, se va pune voletul în poziţia **"0"** iar compensatorul în poziţie uşor picată (puţin în faţa poziţiei de mijloc). Manşa şi palonierul se vor afla în poziţie neutră.

În timpul rulajului pentru decolare se va asigura menţinerea orizontalităţii aripilor şi a direcţiei planorului prin lucrul cu manşa lateral şi palonier stânga dreapta.

După ridicarea bechiei şi accelerarea la viteza de cca.75 Km/h, ajutat prin uşoara tragere de manşă, planorul este capabil să se dezlipească de pe sol.

După desprindere se menţine poziţia cerută în spatele avionului remorcher şi odată cu intrarea acestuia în regim constant de urcare se corectează poziţia compensatorului pentru a elimina efortul pe manşă, apoi se poate escamota trenul de aterizare.

Viteza optimă în remorcaj este de 110-115 Km/h, la care comenzile sunt plăcut de manevrat şi au o bună eficacitate. Dacă din diferite motive viteza de remorcaj scade sub 100 Km/h, mai ales pe panta de urcare, se va deschide voletul pe poziţia 1 (+5°).

La declanşare mânerul declanşatorului va fi acţionat până la capătul de cursă iar pilotul va zbura pe aceeaşi traiectorie cu avionul remorcher şi nu va începe evoluţiile decât dacă s-a convins de desprinderea cablului de remorcaj.

b. în situaţia decolării la automosor compensatorul se aşează la mijloc (aproximativ poziţia "0°"), iar voletul se va braca în poziţia +2 (bracaj 10°) pentru a asigura o dezlipire rapidă.

La începutul rulajului se menţine poziţia orizontală a fuselajului împingând uşor de manşă. După dezlipire (70-75 Km/h) se menţine planorul în aceeaşi poziţie orizontală până când viteza creşte la 85-90 Km/h după care se revine cu manşa spre mijloc, imprimându-se planorului o pantă accentuată de urcare.

Viteza optimă în timpul urcării este de 105 Km/h.

La atingerea unghiului de cca. 75° faţă de automosor, declanşarea se produce automat.

Acţionarea comenzii declanşatorului (miner galben) prin tracţiune până la capătul cursei permite declanşarea comandată în orice moment al lansării.

c. Zborul liber

În zborul liber, planorul IS 29-D_2 are o bună maniabilitate chiar şi la viteze mici.

Angajarea planorului este avertizată prin trepidaje cu cca. 3 Km/h înainte de atingerea vitezei limită (vitezei de angajare).

La angajarea în linie dreaptă nu apar tendinţe de vrie necontrolabilă, dar dacă pilotul insistă să nu permită angajarea pe aripă, planorul poate intra în deep-stall.

În cazul angajării în viraj, controlul este recâştigat apropape instantaneu prin slăbirea manşei spre înainte.

Fineneţea maximă se obţine la o viteză de 93 Km/h.

Viteza minimă de înfundare se obţine la 78 Km/h.

Pentru obţinerea unor raze de spiralare mai mici se pot utiliza voleţii în poziţiile +1 (bracaj +5°) sau +2 (bracaj +10°).

La zborul rapid între ascendente (la salt) poziţia negativă a voletului poate fi exploatată cu randament la viteze peste 160 Km/h.

d. apropierea finală pentru aterizare

Înainte de începerea apropierii finale se va scoate şi siguranţa trenul de aterizare.

După punerea planorului pe direcţia de aterizare se brachează voletul în poziţia +3 (bracaj +15°).

Viteza optimă de apropiere cu frâna complet scoasă este de 100 Km/h iar viteza minimă pe panta de apropiere este 90 Km/h. Şi în această configuraţie de zbor efortul pe manşa se poate elimina prin acţionarea compensatorului.

Panta de apropiere se va regla prin manevrarea uşoară şi progresivă a frânelor aerodinamice.

e. aterizarea

În vederea aterizării îndulcirea se va executa la aproximativ 5 m faţă de sol iar redresarea la cca. 0,5 m faţă de sol. În aceste condiţii se asigură o scădere a vitezei de zbor de aşa natură ca viteza de contact cu solul să aibă valoarea de 70 Km/h.

În timpul virajului se deschide complet frâna arodinamică. Trăgând în continuare de maneta frânei aerodinamice se acţionează frâna pe roată care va permite scurtarea rulajului.

f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral

În cazul decolării şi aterizării cu vânt lateral planorul este capabil să decoleze şi să aterizeze, fără a pune probleme deosebite de pilotaj chiar şi la componente laterale ale vântului ce depăşesc 6 m/s prevăzute în regulament.

Din toate metodele recomandate în tehnica de pilotaj, menţinerea coborâtă a aripii dinspre vânt asigură totuşi cel mai bun control.

Limita până la care se poate executa decolarea sau aterizarea (chiar şi pentru viteze mai mari de 6 m/s ale vântului) depinde mai mult de abilitatea pilotului.

g. zborul în nori

Planorul este admis sa execute zbor în nori dacă nu contravine reglementărilor naţionale şi dacă este echipat cu următoarele aparate:

- vitezometru;
- indicator de viraj şi glisadă (giroclinometru);
- altimetru;
- busolă;
- variometru.

În timpul zborului în nori se vor evita zonele de givraj, turbulenţele excesive şi grindina.

Dacă în timpul zborului în nori se pierde controlul planorului, se defectează indicatorul de viraj sau vitezomentrul, se va părăsi cât mai repede norul. Pentru aceasta pilotul va aduce toate comenzile la mijloc, manşa uşor picată şi va deschide complet frânele aerodinamice. Această manevră va aduce planorul aproximativ într-un zbor de coborâre în linie dreaptă fără exces mare de viteză şi uşurează părăsirea norului în limite de securitate.

h. redresarea din deep-stall

La atingerea vitezei limită planorul caută să coboare botul iar dacă este înclinat sau cu un eleron bracat tinde să se şi încline. Dacă pilotul parează toate aceste tendinţe şi continuă să tragă de manşă până aproape de limitator se observă:

- o uşoară creştere a vitezei (80-85 Km/h);
- coborârea botului;
- o tendinţă de stabilizare laterală;
- creşterea accentuată a vitezei de coborâre (12-15 m/s); Planorul a intrat în regim de deep-stall.

Intrarea în deep-stall este posibilă în orice configuraţie, realizându-se mai uşor cu frâna scoasă şi centraj spate.

Manşa fiind complet trasă, pilotul nu mai poate ridica botul, într-o eventuală intenţie de redresare.

Întreruperea deep-stall-ului şi trecerea în regim normal de zbor se poate face aproape instantaneu prin slăbirea manşei spre înainte. În acest caz planorul mai coboară puţin botul, se simte o uşoară tremurătură a aripilor la trecerea prin unghiul "i_{crt}", după care viteza de zbor creşte rapid, iar viteza de înfundare scade.

Controlul tuturor comenzilor reintră în normal şi planorul se poate redresa din picajul slab care rezultă. Durata de trecere la regim normal este de sub 2 secunde.

Se recomandă întreruperea zborului voit în regim deep-stall la înălţimi peste 100 m.

i. aterizarea cu trenul escamotat

Pilotul va alege un teren de aterizare fără denivelări bruşte, pietre sau gropi şi dacă este posibil nu prea dur.

Nu se va ateriza pe piste betonate sau cu înveliş asfaltic.

Se va căuta să se aterizeze cu vânt de faţă şi cea mai mică viteză posibilă.

Se recomandă:

- aterizarea cu volet în poziţia +3 (bracaj +15°);
- viteza de apropiere să fie de cca. 95 Km/h;
- redresarea se va executa cât mai jos posibil;
- viteza aerodinamică în momentul contactului va fi de cca. 68 Km/h;
- cea mai mică viteză de contact se realizează cu frâna aerodinamică închisă.

j. scoaterea din vrie

În urma unor greşeli de pilotaj planorul poate intra în vrie.

În acest caz pilotul va slăbi în primul rând manşa, aducând-o la mijloc în poziţie uşor picată. În acelaşi timp palonierul este acţionat în sens invers rotirii, ceea ce este hotărâtor pentru oprirea rotirii.

După oprirea rotirii se aduc comenzile la mijloc şi se va redresa prin tragere uşoară de manşă din poziţia picată în care se găseşte planorul.

Pierderea de înălţime la un tur de vrie este de aproximativ 80 m.

Viteza normală la ieşirea din vrie este de aproximativ 150-160 Km/h.

Întârzierea la ieşire este foarte mică (sub 1/4 ture).

k. părăsirea planorului în caz de urgenţă

Când situaţia impune părăsirea planorului în zbor, largarea cupolei se execută în felul următor:

- se împing simultan spre înainte maneta de deschidere a cabinei aflată în partea stângă şi maneta de largare a cabinei (de culoare roşie) aşezată în mod simetric pe partea dreaptă;
- se împinge de capota în sus pentru ca aceasta să fie luată de curent. Inelul de prindere a cablului de limitare a deschiderii cabinei cedează şi cabina se desprinde;
- pilotul îşi desface centurile şi părăseşte cabina în funcţie de poziţia şi evoluţia planorului.

20. Particularităţi privind tehnica pilotajului la planorul IS 32 A

În continuare vom studia particularităţile privind tehnica pilotajului la planorul de dublă comandă IS 32 A pentru următoarele situaţii de zbor:

a. decolarea în remorcaj de avion;
b. decolarea în remorcaj de automosor;
c. zborul liber;
d. apropierea finală pentru aterizare;
e. aterizarea;
f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral;
g. aterizarea cu trenul escamotat;
h. scoaterea din vrie;
i. părăsirea planorului în caz de urgenţă.

a. decolarea planorului în remorcaj de avion

În funcţie de greutatea piloţilor se amplasează în casetele de pe podeaua postului de pilotaj din faţă o cantitate de plumb conform tabelului de la paragraful C.16. (Capitolul Cunoaşterea planorului).

Lestul se aplică la zborurile în S.C. în funcţie de greutatea corpului.

După legarea şi ajustarea centurilor se va acţiona manşa şi palonierul verificând funcţionarea normală şi fără agăţări.

Se acţionează comanda frânei aerodinamice verificând funcţionarea ei fără agăţări şi la închidere şi trecerea peste punctul care asigură zăvorârea.

Comanda voletului după verificare se zăvorăşte în poziţia "0" (0°).

Se verifică funcţionarea compensatorului care se aşează în poziţie uşor picată (puţin în faţa poziţiei de mijloc).

Se controlează aparatele de bord şi se reglează altimetrul, se închide cupola de plexiglas, controlând buna ei zăvorâre.

Se clanşează cablul de remorcaj. Pilotul va cere ajutorului care efectuează clanşarea să încerce printr-o tracţiune energică dacă clanşarea este sigură şi va cere aşezarea aripilor la orizontală astfel ca axul planorului să fie în direcţia avionului.

În timpul rulajului pentru decolare după ridicarea bechiei şi accelerarea la viteza de cca. 95 Km/h, ajutat prin uşoară tragere de manşă, planorul este capabil să se desprindă.

După dezlipire se va menţine poziţia corectă în spatele avionului remorcher şi odată cu intrarea acestuia în regim constant de urcare se corectează poziţia compensatorului pentru a elimina efortul de pe manşă, apoi se poate escamota trenul de aterizare.

Viteza optimă în remorcaj este de 120 Km/h, la care comenzile au o bună eficacitate şi sunt plăcut de manevrat.

Dacă din diferite motive viteza de remorcaj scade sub 110 Km/h, mai ales pe panta de urcare, se va deschide voletul pe poziţia 1 (+5°) sau pe poziţia 2 (+10°).

La declanşare mânerul declanşatorului va fi acţionat până la capătul de cursă iar pilotul va degaja după ce s-a asigurat de declanşare.

b. decolarea în remorcaj de automosor

Decolarea în remorcaj de automosor se efectuează cu cablul clanşat la declanşatorul de burtă (din spate). Ajutorul, care execută clanşarea, verifică prin tracţiune cablul, clanşarea corectă.

Compensatorul se poziţionează la mijloc (aproximativ poziţia 0°), iar voletul se va braca în poziţia +2 (bracaj 10°) pentru a asigura o dezlipire rapidă.

La începutul rulajului se menţine poziţia orizontală a fuselajului împingând uşor de manşă. După dezlipire (75-80 Km/h) se menţine planorul în aceeaşi poziţie orizontală până când viteza creşte la 90-95 Km/h după care se revine cu manşa spre mijloc, imprimându-se planorului o pantă accentuată de urcare.

Viteza optimă în timpul urcării este de 100-110 Km/h.

La atingerea unghiului de cca. 75° faţă de automosor, declanşarea se produce automat.

Acţionarea comenzii declanşatorului (mâner galben) prin tracţiune până la capătul cursei permite declanşarea comandată în orice moment al lansării.

c. zborul liber

În zborul liber, planorul IS 32 A are o bună maniabilitate chiar şi la viteze mici, în apropierea vitezei limită.

Angajarea planorului este avertizată prin trepidaje, cu cca. 5-6 Km/h înainte de atingerea vitezei limită (vitezei de angajare).

La angajarea în linie dreaptă nu apar tendinţe de vrie necontrolabilă.

Chiar şi în viraje înclinate, angajarea nu are aspect periculos, pilotul recăpătând imediat controlul prin uşoara slăbire a manşei. Pentru poziţia maximă faţă a centrajului de greutate, nu se produce angajarea.

Fineţea maximă se obţine la o viteză de 104 Km/h în simplă comandă şi 108 Km/h (triunghi galben pe vitezometru) în dublă comandă.

Viteza minimă de înfundare se obţine la 90 Km/h în simplă comandă şi este de 0,56 m/s.

Pentru obţinerea unor raze de spiralare mai mici se pot utiliza voleţii în poziţiile +1 (bracaj +5°) sau +2 (bracaj +10°).

La zborul rapid între ascendenţe (la salt) poziţia negativă a voletului poate fi exploatată cu randament la viteze peste 160 Km/h.

Zborul în nori este interzis.

d. apropierea finală pentru aterizare

Pentru a se executa apropierea finală se va avea grijă ca înainte de virajul 3 să se scoată trenul de aterizare. Pentru scoaterea trenului de aterizare se exercită asupra manetei o presiune spre înainte pentru a uşura deblocarea, se dezăvorăşte apăsând pe buton şi apoi se trage maneta spre înapoi până când se aude zgomotul de zăvor în poziţia închis. Se verifică blocarea prin mişcări uşoare ale manetei înainte şi înapoi.

După punerea planorului pe direcţia de aterizare se brachează voletul în poziţia +2 (bracaj +10º).

Viteza optimă de apropiere cu frâna complet scoasă este de 110 Km/h iar viteza minimă pe panta de apropiere este 95 Km/h. Şi în această configuraţie de zbor efortul pe manşă se poate elimina prin acţionarea compensatorului.

Ajustarea pantei de apropiere se execută prin manevrarea uşoară şi progresivă a frânelor aerodinamice.

e. aterizarea

În vederea aterizării îndulcirea se va executa la aproximativ 5 m faţă de sol iar redresarea la cca. 0,5 m faţă de sol. În aceste condiţii se asigură o scădere a vitezei de zbor de aşa natură ca viteza de contact cu solul să aibă valoarea de 85 Km/h.

În timpul virajului se deschide complet frâna arodinamică. Trăgând în continuare de maneta frânei aerodinamice se acţionează frâna pe roată care va permite scurtarea rulajului.

f. decolarea şi aterizarea cu vânt lateral

Planorul este capabil să decoleze şi să aterizeze, fără a pune probleme deosebite de pilotaj chiar şi la componente laterale ale vântului ce depăşesc 6 m/s.

Din toate metodele recomandate în tehnica de pilotaj, menţinerea coborâtă a aripii dinspre vânt asigură totuşi cel mai bun control.

Limita până la care decolarea sau aterizarea se poate executa chiar şi la viteze mai mari de 6 m/s depinde mai mult de abilitaea pilotului.

g. aterizarea cu trenul escamotat

În cazul în care trenul de aterizare nu poate fi scos pilotul poate ateriza *pe burtă*.

Pilotul va căuta să aterizeze pe un teren cât mai bun (fără denivelări, pietre sau gropi şi dacă este posibil nu prea dur). Nu se va ateriza în această situaţie pe piste betonate sau cu înveliş asfaltic. Se va căuta să se aterizeze cu vântul de faţă şi cu cea mai mică viteză posibilă.

Se recomandă:

- apropierea şi aterizarea cu volet în poziţia +2 (bracaj +10º);
- viteza de apropiere cca. 110 Km/h;
- redresarea se va executa cât mai jos posibil;
- viteza de contact aproximativ 80 Km/h.

h. scoaterea din vrie

În urma unor greşeli de pilotaj planorul poate intra în vrie. În acest caz pilotul va acţiona palonierul în sens invers rotirii, va aduce manşa la mijloc şi uşor spre picaj.

După oprirea rotirii se va redresa planorul prin tragere uşoară de manşă.

Viteza la ieşirea din vrie este de aproximativ 160-180 Km/h.

NU SE ADMITE VRIA CA FIGURĂ COMANDĂTĂ !

i. părăsirea planorului în caz de urgenţă

Când situaţia impune părăsirea planorului în zbor, largarea cupolei se execută în felul următor:

- se împing simultan spre înainte maneta de deschidere a cabinei aflată în partea stângă şi maneta de largare a cabinei (de culoare roşie) aşezată în mod simetric pe partea dreaptă;
- se împinge de capotă în sus pentru ca aceasta să fie luată de curent. Inelul de prindere a cablului de limitare a deschiderii cabinei cedează şi cabina se desprinde;
- pilotul îşi desface centurile şi părăseşte cabina în funcţie de poziţia şi evoluţia planorului.

Acest manual a fost aprobat în

Consiliul de Metodică – Siguranţa Zborului